



TUGAS AKHIR - MO 141326

**PERANCANGAN DINDING PENAHAN TANAH SEBAGAI
PELINDUNG DAERAH REKLAMASI DI KABUPATEN KUTAI
KARTANEGARA, KALIMANTAN TIMUR**

Aryoseto Ade Lukmanto

NRP. 04311340000003

Dosen Pembimbing :

Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.

Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR - MO 141326

**PERANCANGAN DINDING PENAHAN TANAH SEBAGAI
PELINDUNG DAERAH REKLAMASI DI KABUPATEN KUTAI
KARTANEGARA, KALIMANTAN TIMUR**

Aryoseto Ade Lukmanto

NRP. 04311340000003

Dosen Pembimbing :

Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.

Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

Perancangan Dinding Penahan Tanah Sebagai Pelindung Daerah Reklamasi Di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

ARYOSETO ADE LUKMANTO NRP. 4313100003

Disetujui oleh:

1. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc. (Pembimbing 1)

2. Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng. (Pembimbing 2)

3. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. (Penguji 1)

4. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc. (Penguji 2)

5. Sujantoko, S.T., M.T. (Penguji 3)

SURABAYA, NOVEMBER 2017

ABSTRAK

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH SEBAGAI PELINDUNG DAERAH REKLAMASI DI KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, KALIMANTAN TIMUR.

Nama Mahasiswa : Aryoseto Ade Lukmanto
NRP : 04311340000003
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.
Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng

Kabupaten Kutai Kartanegara yang berada di provinsi Kalimantan Timur merupakan daerah yang mempunyai tingkat pertumbuhan dan kebutuhan lahan yang cukup tinggi tetapi mengalami kendala keterbatasan atau ketersediaan ruang dan lahan untuk mendukung laju pertumbuhan yang ada. Oleh karena itu, Kabupaten Kutai Kartanegara memutuskan untuk melakukan reklamasi pada laut yang belum dimanfaatkan dengan baik untuk mendapatkan lahan baru. Reklamasi pantai nantinya akan berdampak terhadap aktivitas sosial, lingkungan, ekonomi dan bahkan dapat memacu pembangunan sarana prasarana pendukung lainnya. Lahan tersebut nantinya akan digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara batu bara sebelum dikirim ke pulau-pulau lainnya. Berdasarkan uraian di atas, diperlukan suatu struktur pelindung tanah yang mampu menahan serta menguatkan lahan reklamasi terhadap ancaman terjadi keruntuhan.

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui dan mendapatkan suatu desain dari dinding penahan tanah serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) apabila desain tersebut direalisasikan. Pengerjaan ini dibantu menggunakan PLAXIS 8.2 untuk membuat model dari desain yang telah dirancang sebelumnya dengan Autocad. Sheet pile yang digunakan adalah *anchored concrete sheet pile* dengan panjang 6-12 m, lebar 50 cm, dan mempunyai momen lentur maksimum sebesar 4,05 ton.m. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan apabila dilakukan realisasi desain adalah sebesar Rp85.412.320.510,00.

Kata kunci: Sheet pile, Reklamasi, RAB, PLAXIS

ABSTRACT

DESIGN OF RETAINING WALLS AS RECLAMATION AREA PROTECTION IN KUTAI KARTANEGARA, EAST KALIMANTAN

Name : Aryoseto Ade Lukmanto
REG : 04311340000003
Department : Ocean Engineering, Faculty of Marine Technology, ITS
Supervisors : Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.
Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng

Kutai Nartanegara located in East Kalimantan province is an area that has a high growth rate and land requirement but has limited constraints or availability of space and land to support the existing growth rate. Therefore, Kutai Kartanegara decided to reclaim the sea which has not been utilized properly to acquire a new land. This land will be used as a temporary storage area of coal before it is sent to the other islands. Coastal reclamation will have an impact on social, environmental, economic and even spur development of other supporting infrastructure. Based on the above descriptions, a soil shielding structure is required that can withstand and strengthen the reclamation lands against threats from collapse.

This final project aims to identify and obtain a design of a retaining wall and Budget Plan (RAB) if the design is realized. This work is assisted using PLAXIS 8.2 to create models from previously designed designs with Autocad. The sheet pile used is anchored concrete sheet pile with 6-12 m long, width 50 cm, and has a maximum bending moment of 4,05. Budget Plan required if the realization of the design is Rp85.412.320.510,00.

Keyword: Sheet Pile, Reclamation, Budget Plan, PLAXIS.

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat, rahmat dan kuasa-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tak lupa shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabat-sahabat dan para pengikutnya.

Judul Tugas Akhir ini adalah **“Perancangan Dinding Penahan Tanah Sebagai Pelindung Daerah Reklamasi Di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur”**, dimana Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan , Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan desain *sheet pile* yang mampu menahan dan melindungi tanah dari gelombang.

Dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa hal tersebut masih jauh dari kata sempurna maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak guna sebagai penyempurnaan baik tugas akhir ini maupun penelitian atau tugas akhir selanjutnya. Harapan penulis, penelitian ini dapat bermanfaat untuk para pembaca dan penulis sendiri serta semoga dapat memberikan manfaat bagi industri-industri terkait dengan penelitian ini pada umumnya maupun bagi kemajuan teknologi di bidang kelautan khususnya.

Surabaya, Oktober 2017

Aryoseto Ade Lukmanto

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak-pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Denny Safiudin dan Ibu Laksmini Mahasri yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan moral serta material sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen wali penulis yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan arahan, nasihat dan bimbingan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Seluruh staf pengajar dan karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
6. Teman-teman VALTAMERI Teknik Kelautan 2013, yang sudah membantu dan mendukung selama masa perkuliahan penulis dan tugas akhir ini.

Serta pihak-pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, semoga Allah SWT memberi kemudahan bagi kita semua dalam langkah menuju masa depan yang kita inginkan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 <i>Sheet Pile</i>	6
2.2.1.1 Pengertian <i>Sheet Pile</i>	6
2.2.1.2 Fungsi <i>Sheet Pile</i>	6
2.2.1.3 Jenis <i>Sheet Pile</i>	6
2.2.1.4 Tipe <i>Sheet Pile</i>	9
2.2.1.5 Free Earth Support Method for Penetration of Clay	10
2.2.2 Tekanan Tanah Aktif & Pasif Rankine.....	13
2.2.2.1 Tekanan Tanah Aktif	13
2.2.2.2 Tekanan Tanah Pasif.....	14
2.2.3 Beban Gelombang pada Dinding Vertikal.....	15

2.2.3.1 Rumusan Goda Takahashi	15
2.2.4 PLAXIS 8.2 2D	18
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Prosedur Penelitian.....	22
 BAB IV HASIL & PEMBAHASAN	
4.1 Perencanaan Desain Sheet Pile	25
4.1.1 Data Awal	25
4.1.2 Analisa Data Tanah.....	29
4.1.3 Pemilihan Tipe Sheet Pile.....	30
4.1.4 Desain Sheet Pile pada Autocad	30
4.1.5 Perhitungan Kedalaman Penetrasi Sheet Pile	31
4.1.6 Pressure Diagram	31
4.1.7 Gaya Jangkar.....	32
4.2 Pemodelan dan Analisa Desain dengan PLAXIS	32
4.3 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya.....	36
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran.....	39
 DAFTAR PUSTAKA	 41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Variasi Konstruksi Kayu.....	7
Gambar 2.2. Variasi Konstruksi Beton.....	8
Gambar 2.3. Variasi Konstruksi Baja.....	8
Gambar 2.4. <i>Cantilever Sheet Pile</i>	9
Gambar 2.5. <i>Anchored Sheet Pile</i>	10
Gambar 2.6. <i>Anchored Sheet Pile Penetrating Clay</i>	10
Gambar 2.7. Distribusi Tekanan pada Setiap Kedalaman	12
Gambar 2.8. Tekanan Aktif Rankine.....	13
Gambar 2.9. Tekanan Pasif Rankine	14
Gambar 2.9. Rumus Tekanan Goda.....	16
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4.1. Data Tanah di bawah 0 m	25
Gambar 4.2. Peta Orientasi.....	26
Gambar 4.3. <i>Layout</i> Lokasi	26
Gambar 4.4. Dokumentasi Lokasi Pengerjaan	27
Gambar 4.5. Peta Persebaran Gempa	29
Gambar 4.6. Desain <i>Sheet Pile</i> Autocad.....	30
Gambar 4.7. <i>Pressure Diagram</i>	32
Gambar 4.8. Model <i>Sheet Pile</i> PLAXIS	33
Gambar 4.9. Deformasi pada <i>Sheet Pile</i>	34
Gambar 4.10. Tegangan Efektif Rata-rata	34
Gambar 4.11. Momen Lentur	35
Gambar 4.12. <i>Safety Factor Sheet Pile</i>	36

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Tabel Spesifikasi <i>Sheet Pile</i>	28
Tabel 4.2. Daftar Harga Barang per Satuan	36
Tabel 4.3. Daftar Upah per Orang Hari	36
Tabel 4.4. Daftar Harga Sewa Alat per Jam	37
Tabel 4.5. RAB Pemasangan <i>Sheet Pile</i>	37

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	RENCANA ANGGARAN BIAYA
LAMPIRAN B	DATA AWAL PERENCANAAN
LAMPIRAN C	TAHAP PEMODELAN
LAMPIRAN D	PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG
LAMPIRAN E	PERHITUNGAN BEBAN BATUBARA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pengertian reklamasi menurut UU RI No. 27 tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil adalah suatu pekerjaan/usaha memanfaatkan kawasan atau lahan yang relatif tidak berguna atau masih kosong dan berair menjadi lahan berguna dengan cara dikeringkan. Misalnya di kawasan pantai, daerah rawa-rawa, di lepas pantai/di laut, atau di tengah sungai yang lebar.

Sesuai dengan definisinya, tujuan utama reklamasi ini adalah untuk menjadikan kawasan berair yang rusak atau belum dimanfaatkan menjadi suatu kawasan baru yang lebih baik dan bermanfaat untuk berbagai keperluan ekonomi maupun untuk tujuan strategis lain. Kawasan daratan baru tersebut dapat dimanfaatkan untuk memperoleh lahan pertanian, memperoleh lahan untuk pembangunan gedung atau untuk memperluas kota, ataupun untuk sarana transportasi.

Saat ini Kabupaten Kutai Kartanegara yang berada di provinsi Kalimantan Timur merupakan daerah yang mempunyai tingkat pertumbuhan dan kebutuhan lahan yang cukup tinggi tetapi mengalami kendala keterbatasan atau ketersediaan ruang dan lahan untuk mendukung laju pertumbuhan yang ada. Oleh karena itu, Kabupaten Kutai Kartanegara memutuskan untuk melakukan reklamasi pada pesisir pantai yang belum dimanfaatkan dengan baik untuk mendapatkan lahan baru. Lahan tersebut nantinya akan digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara batu bara sebelum dikirim ke pulau-pulau lainnya.

Dampak yang paling dominan dari kegiatan reklamasi adalah diharapkan kebutuhan akan lahan akan terpenuhi. Selain dampak fisik, reklamasi pantai akan berdampak terhadap aktivitas sosial, lingkungan, ekonomi dan bahkan dapat memacu pembangunan sarana prasarana pendukung lainnya. (<http://www.radarplanologi.com>)

Berdasarkan uraian di atas, diperlukan suatu struktur pelindung tanah yang mampu menahan serta menguatkan lahan reklamasi terhadap ancaman terjadi keruntuhan.

Penelitian tentang dinding penahan tanah dalam jurnal nasional telah banyak diterbitkan. Didiet dkk (2014), Gagah dkk (2014) dan Wahyu (2013) melakukan penelitian mengenai perhitungan dan desain dinding penahan tanah sebagai underpass pada ruas jalan. Rina dkk (2014), Ninik dan Asrulfa (2012), serta Oscar dan Abdul (2010) melakukan penelitian mengenai analisa stabilitas pada dinding penahan tanah yang sudah ada. Dian dan Indrasurya (2013) melakukan penelitian mengenai perencanaan perkuatan dinding penahan tanah (turap) untuk menanggulangi longsor. Anto dkk (2013), Arya dan Suhendro (2013), serta Gutma (2013) melakukan penelitian mengenai perbandingan analisa dinding penahan tanah dengan perhitungan manual dan dengan perhitungan menggunakan *software Geo5*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang diambil dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana desain dinding penahan tanah yang aman dan sesuai untuk melindungi daerah reklamasi?
2. Berapa rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk realisasi desain?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memperoleh desain dinding penahan tanah yang aman dan sesuai untuk melindungi daerah reklamasi.
2. Menghitung rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk realisasi desain.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah mengetahui perhitungan dan desain dinding penahan tanah untuk melindungi daerah reklamasi sehingga

terlindung dari gelombang laut serta mendapatkan rencana anggaran biaya yang digunakan untuk konstruksi tersebut.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Data batimetri, pasang surut, dan data tanah yang digunakan merupakan data sekunder
2. Data didapatkan dari penelitian yang dilakukan di Laut Ambarawang, Kalimantan Timur
3. Pemodelan dan analisa desain menggunakan *software* PLAXIS 8.2
4. Perhitungan tekanan tanah menggunakan Teori Rankine
5. Tidak memperhitungkan settlement
6. Perhitungan hanya berfokus pada desain sheet pile

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dalam pembahasan masalah dan memberi kemudahan bagi pembaca untuk memahami isi tugas akhir ini, maka sistematika penulisan dibuat sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan penulisan tugas akhir, batasan masalah yang mengarahkan penulisan kepada tujuan, dan sistematika penulisan yang menjelaskan garis besar dari tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Berisi tentang isi beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dan dasar teori yang berhubungan dengan topik tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang uraian dari tahapan pengerjaan tugas akhir yang dimulai dari studi literatur, pengumpulan data, serta analisa yang dilakukan.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang pembahasan dan perhitungan dari data yang telah didapatkan.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya dan saran yang diberikan penulis untuk peneliti selanjutnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Jurnal nasional yang membahas mengenai perhitungan dan desain dinding penahan tanah dengan jenis turap (*sheet pile*) masih jarang ditemui. Selama melakukan studi literatur, penulis menemukan 3 jurnal nasional yang membahas mengenai *sheet pile*. Penelitian mengenai *sheet pile* yang digunakan sebagai salah satu alternatif desain *underpass* pada Bundaran Dolog di Jalan Ahmad Yani, Surabaya telah dilakukan oleh Gagah dkk (2014). Pada penelitiannya menggunakan 3 alternatif desain penahan tanah untuk konstruksi *underpass* yaitu *secant pile*, *diafragma wall*, dan *sheet pile*. Gagah dkk (2014) mencoba membandingkan 3 alternatif tersebut untuk membandingkan alternatif yang paling stabil, kokoh, dan dinamis. Penelitian lain yang relevan dengan studi kasus sebelumnya dilakukan oleh Didiet dkk (2014), yang menjadi perbedaan adalah desain dinding penahan yang dibandingkan adalah tipe *secant pile* dan *diafragma wall* saja. Sedangkan Dian dan Indrasurya (2013) mengevaluasi kekuatan eksisting dan merencanakan kekuatan untuk menanggulangi longsor di tebing Sungai Segah. Alternatif kekuatan yang direncanakan adalah menggunakan turap, cerucuk, dan tiang pancang. Rina dkk (2014) mengkaji kembali stabilitas turap beton pada proyek pengendalian banjir sungai Batang Anai Padang berdasarkan data hasil uji sondir dan uji laboratorium.

Sedangkan untuk jurnal nasional yang membahas dinding penahan tanah dengan tipe lain cukup banyak dijumpai. Ninik dan Asrulfa (2012), serta Oscar dan Abdul (2010) melakukan penelitian mengenai analisa stabilitas pada dinding penahan tanah yang sudah ada. Oscar dan Abdul menguji stabilitas dinding penahan tanah akibat beban dinamis (gempa), Ninik dan Asrulfa menghitung ulang stabilitas dinding penahan tanah terhadap bahaya penggulingan, penggeseran, daya dukung tanah dan rembesan di bawah dinding penahan tanah. Anto dkk (2013), Arya dan Suhendro (2013), serta Gutma (2013) melakukan penelitian mengenai

perbandingan analisa dinding penahan tanah dengan perhitungan manual dan dengan perhitungan menggunakan *software Geo5*.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada tersebut, penulis ingin merencanakan dan merancang dinding penahan tanah (*sheet pile*/turap) sebagai struktur pelindung tanah hasil reklamasi di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur dengan menggunakan *software PLAXIS 8.2* untuk menunjang pengerjaan ini.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Sheet Pile

2.2.1.1. Pengertian *Sheet Pile*

Sheet pile merupakan konstruksi yang dapat menahan tekanan tanah di sekelilingnya dan mencaegah terjadinya kelongsoran. Konstruksi dinding *sheet pile* terdiri dari beberapa lembaran *sheet pile* yang dipancangkan ke dalam tanah dan membentuk formasi dinding vertikal yang berguna menahan timbunan tanah.

2.2.1.2. Fungsi *Sheet Pile*

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi sipil, sheet pile biasa digunakan dalam berbagai keperluan konstruksi bangunan, seperti :

- a. Struktur penahan air dan atau penahan tanah
- b. Sistem penahan tanah pada galian (sementara/permanen)
- c. Struktur penahan tanah yang berlereng atau curam agar tanah tidak longsor
- d. Konstruksi bangunan yang ringan

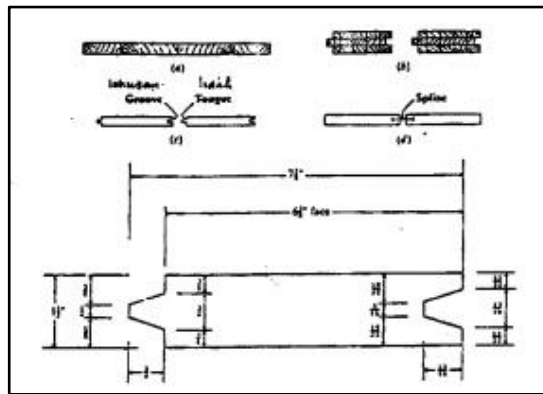
2.2.1.3. Jenis-jenis *Sheet Pile*

Johtata H. (1997) menjelaskan berdasarkan material yang digunakan dikenal beberapa jenis dinding turap, seperti turap kayu, turap beton, atau turap baja. Penentuan jenis material dinding turap tergantung dari penggunaannya.

Pertimbangan untuk menggunakan jenis material tersebut antara lain adalah :

- Dinding Turap Kayu

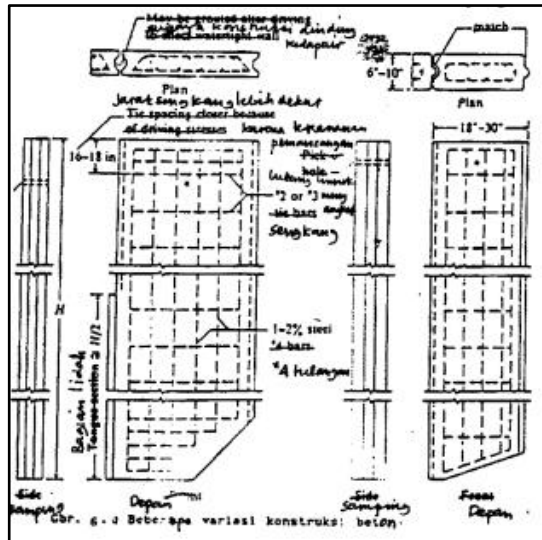
Biasa digunakan untuk konstruksi yang tidak permanen, seperti bangunan untuk penggalian pondasi dan sebagainya. Jika digunakan untuk bangunan permanen, pengawetan bahan terhadap pelapukan harus diperhatikan. Penggunaan material kayu mempunyai keuntungan dan kerugian. Keuntungannya adalah bahan ini mudah untuk dicari. Sedangkan kerugiannya adalah masa pakai dari material ini relatif pendek, serta diperlukan teknik pengawetan.



Gambar 2.1. Variasi Konstruksi Kayu
(Rekayasa Pondasi I, Johtata H)

- Dinding Turap Beton

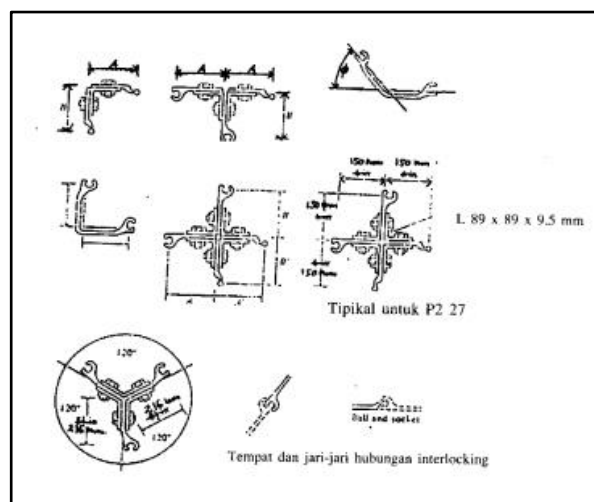
Biasa digunakan pada bangunan permanen atau detail-detail konstruksi yang agak rumit. Keuntungan pemakaian jenis turap beton adalah konstruksi yang dapat dilakukan di tempat, sehingga waktu pelaksanaan lebih cepat karena tanpa tenggang waktu pemesanan dan pengangkutan. Sedangkan kerugiannya adalah sulitnya pelaksanaan di lapangan karena rawan terjadi kebocoran.



Gambar 2.2. Variasi Konstruksi Beton
(Rekayasa Pondasi I, Johtata H)

- Dinding Turap Baja

Biasa digunakan pada bangunan permanen. Keuntungan dari dinding turap ini adalah lebih ringan, lebih mudah pelaksanaannya di lapangan serta hasilnya lebih baik. Sedangkan kerugiannya adalah adanya tenggang waktu pemesanan serta adanya bahaya korosi. Bahaya korosi pada konstruksi dapat dicegah dengan memberikan *catodic protection*.



Gambar 2.3. Variasi Konstruksi Baja
(Rekayasa Pondasi I, Johtata H)

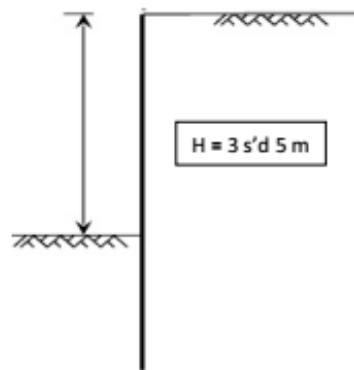
Pada proses konstruksinya, *sheet pile* dimasukkan ke dalam tanah dan *backfill* ditempatkan pada daratan, atau *sheet pile* dimasukkan ke dalam tanah dan tanah yang terletak di depan *sheet pile* dikeruk. Pada dua kasus tersebut, tipe tanah yang digunakan sebagai *backfill* adalah tanah pasir dan tipe tanah yang berada di bawah *dredge line* adalah tanah pasir atau lempung.

2.2.1.4. Tipe-tipe *Sheet Pile*

Hary C. Hardiyatmo (2008) menjelaskan jika tipe *sheet pile* pada umumnya terbagi menjadi 2, yaitu *cantilever sheet pile walls* dan *anchored sheet pile walls*.

a. Dinding Turap Kantilever

Dinding turap kantilever merupakan turap yang dalam menahan beban lateral mengandalkan tekanan tanah di depan dinding. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar pada pemakaian turap kantilever. Turap kantilever hanya cocok untuk menahan tanah dengan ketinggian sedang.

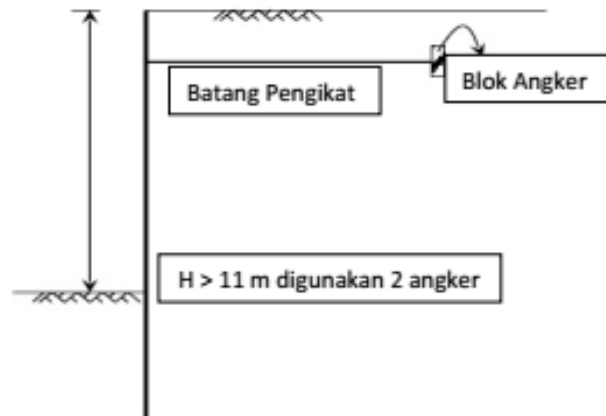


Gambar 2.4. *Cantilever Sheet Pile*
(Teknik Pondasi 2, Hary C. Hardiyatmo)

b. Dinding Turap Diangker

Dinding turap diangker cocok untuk menahan tebing galian yang dalam, tetapi tetap tergantung pada kondisi tanah. Dinding turap ini menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan

tanah pada bagian turap yang terpancang ke dalam tanah dengan dibantu anchor yang dipasang. Untuk dinding turap yang tinggi, diperlukan turap baja dengan kekuatan tinggi. Stabilitas dan tegangan-tegangan pada turap bergantung pada beberapa faktor, diantaranya kekuatan relatif bahan turap, kedalaman penetrasi turap, kuat geser tanah, kekuatan anchor, dan lain-lain.

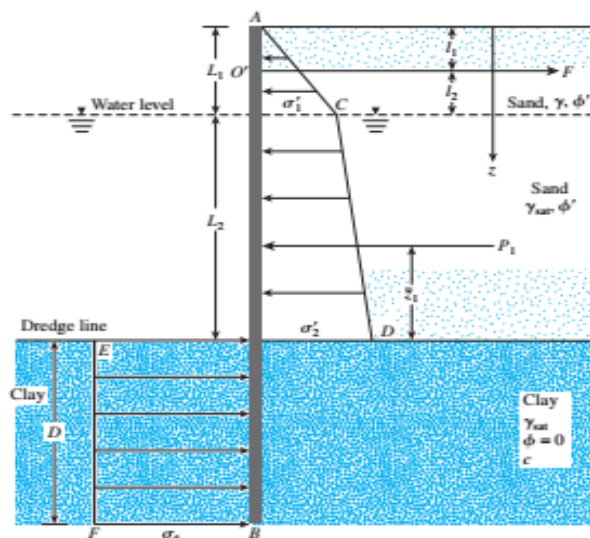


Gambar 2.5. *Anchored Sheet Pile*

(Teknik Pondasi 2, Hary C. Hardiyatmo)

2.2.1.5 Free Earth Support Method for Penetration of Clay

Gambar 2.6. menunjukkan *anchored sheet pile* yang masuk ke tanah lempung dengan tanah pasir sebagai *backfill*.



Gambar 2.6. *Anchored sheet pile penetrating clay*

(Principles of Foundation Engineering, Braja M. Daz)

Di mana rumus tekanan aktif pada kedalaman L_1 adalah :

$$\sigma'_1 = \gamma L_1 K_a \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

$$K_a = \text{koefisien tekanan tanah aktif} = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

γ = berat jenis tanah di atas *water level*

Dengan cara yang hampir sama, perhitungan tekanan aktif pada kedalaman $L_1 + L_2$ adalah :

$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan :

$$\gamma' = \text{berat jenis tanah efektif} = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

Untuk kedalaman yang lebih dari $L_1 + L_2$, untuk $\phi = 0$, koefisien tekanan tanah aktif $K_a = 1$. Untuk nilai ϕ yang sama, koefisien tekanan pasif $K_p = 1$. Maka, perhitungan tekanan tanah aktif dari kanan ke kiri seperti ditunjukkan pada gambar 2.5 (di atas titik rotasi O) adalah :

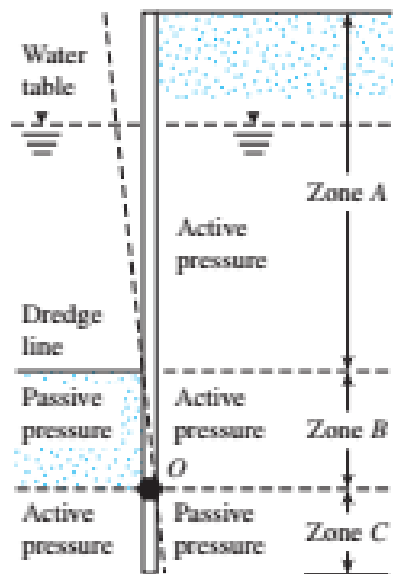
$$\sigma_a = [\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{\text{sat}}(z - L_1 - L_2)] - 2c \dots\dots\dots (2.3)$$

Sedangkan untuk perhitungan tekanan pasif dari kiri ke kanan adalah

$$\sigma_p = \gamma_{\text{sat}}(z - L_1 - L_2) + 2c \dots\dots\dots (2.4)$$

Maka nilai net pressure di bawah dredge line adalah

$$\begin{aligned} \sigma_6 &= \sigma_p - \sigma_a \\ &= [\gamma_{\text{sat}}(z - L_1 - L_2) + 2c] - [\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{\text{sat}}(z - L_1 - L_2)] + 2c \\ &= 4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2) \dots\dots\dots (2.5) \end{aligned}$$



Gambar 2.7 Distribusi tekanan pada setiap kedalaman
(Principles of Foundation Engineering, Braja M. Daz)

Dari *net pressure distribution diagram* yang ditunjukkan pada gambar 2.6, dapat dihitung *area of pressure diagram* ACD (P) dan z_1 dengan menggunakan rumus berikut :

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$= 1/2 \sigma'_1 L_1 + \sigma'_1 L_1 + 1/2 (\sigma'_2 - \sigma'_1) L_2 \dots \dots \dots (2.6)$$

$$z_1 = \frac{P_1 \left(L_2 + \frac{L_1}{3} \right) + P_2 \left(\frac{L_2}{2} \right) + P_3 \left(\frac{L_2}{3} \right)}{P_{tot}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Sedangkan untuk kedalaman penetrasi *sheet pile* dapat dicari dengan menghitung nilai persamaan berikut :

$$\sigma_6 D^2 + 2 \sigma_6 D (L_1 + L_2 - I_1) - 2 P_1 (L_1 + L_2 - I_1 - z_1) = 0 \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan :

I_1 = kedalaman jangkar ditanam

D = kedalaman penetrasi sheet pile

Untuk mendapatkan gaya jangkar horizontal digunakan rumus berikut :

$$P - \sigma_6 D = F \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan :

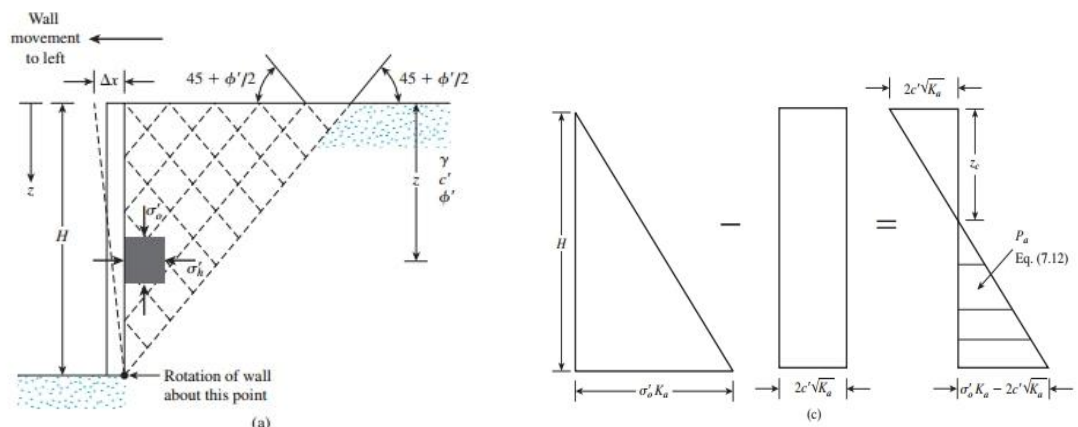
P = area of pressure diagram ACD

F = gaya jangkar

2.2.2. Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Rankine

Rankine menyelidiki keadaan tegangan di dalam massa tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis. Keseimbangan plastis adalah suatu kondisi dimana setiap titik dalam suatu massa tanah menuju proses keadaan runtuh. Komponen gaya-gaya yang bekerja pada turap dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung tegangan tanah lateral aktif (σ_a) dan tegangan tanah lateral pasif (σ_p) menggunakan Teori Rankine (Joetata, 1997). Menurut Braja M. Daz (2007), persamaan untuk tekanan tanah aktif dan pasif Rankine dirumuskan sebagai berikut :

2.2.2.1. Tekanan Tanah Aktif



Gambar 2.8. Tekanan Aktif Rankine
(Principles of Foundation Engineering, Braja M. Daz)

Tekanan tanah aktif :

$$\sigma'_a = \sigma'_o K_a - 2c'\sqrt{K_a} \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

$$K_a = \text{Koefisien tekanan aktif Rankine} = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

Gambar distribusi tekanan aktif dapat dilihat pada Gambar 2.8. Nilai $\sigma'_o = 0$ ketika $z = 0$ dan $\sigma'_o = \gamma H$ ketika $z = H$. Pada Gambar 2.8, terlihat bahwa tekanan pada $z = 0$ adalah $\sigma_a = -2c'\sqrt{K_a}$ yang menunjukkan adanya tegangan tarik (*tensile stress*). Tegangan tarik akan berkurang terhadap kedalaman dan menjadi 0 pada kedalaman $z = z_c$ (kedalaman *tensile crack*), atau

$$\gamma z_c K_a - 2c'\sqrt{K_a} = 0 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$z_c = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}} \dots\dots\dots (2.12)$$

karena tegangan tarik pada tanah menyebabkan retak sepanjang permukaan dinding tanah. Maka, dapat diketahui total gaya aktif Rankine sebelum *tensile crack* terjadi dengan rumus berikut :

$$P_a = \int_0^H \sigma'_a dz = \int_0^H \gamma z K_a dz - \int_0^H 2c'\sqrt{K_a} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2c'\sqrt{K_a} \dots\dots\dots (2.14)$$

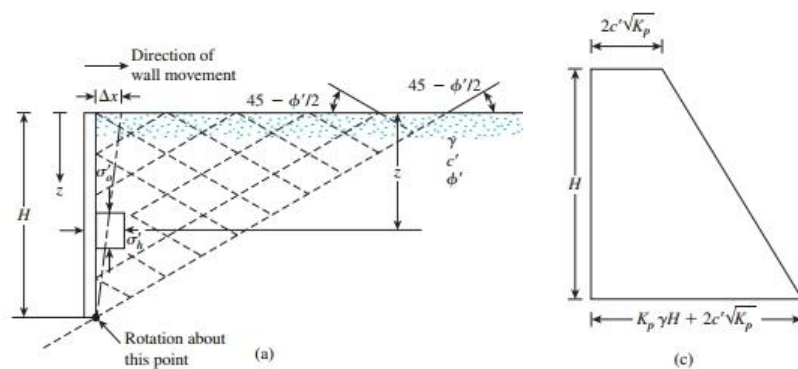
dengan :

γ = massa jenis tanah

c' = nilai kohesi tanah

K_a = koefisien tekanan aktif Rankine

2.2.2.2. Tekanan Tanah Pasif



Gambar 2.9. Tekanan Pasif Rankine
(Principles of Foundation Engineering, Braja M. Daz)

Tegangan tanah pasif :

$$\sigma'_p = \sigma'_o K_p + 2c'\sqrt{K_p} \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan :

$$K_p = \text{Koefisien tekanan pasif Rankine} = \tan^2(45 + \phi'/2)$$

Gambar distribusi tekanan pasif dapat dilihat pada Gambar 2.9.

Ketika nilai $z = 0$, $\sigma'_o = 0$ dan $\sigma'_p = 2c' \sqrt{K_a}$. Dan ketika $z = H$, $\sigma'_o = \gamma H$ dan $\sigma'_p = 2c' \sqrt{K_p}$. Maka, dapat diketahui total gaya pasif Rankine per satuan panjang dinding dengan rumus berikut :

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2c' \sqrt{K_p} \sigma'_1 = \gamma L_1 K_a \dots\dots\dots (2.16)$$

dengan :

- γ = massa jenis tanah
- c' = nilai kohesi tanah
- K_a = koefisien tekanan pasif Rankine

2.2.3. Beban Gelombang pada Dinding Vertikal

2.2.3.1. Rumusan Goda Takahashi

Young C.Kim (2010) menjelaskan bahwa Goda menggunakan teori dan laboratoriumnya untuk menyusun rumus yang komprehensif untuk menghitung beban gelombang desain. Setelah sedikit modifikasi memperhitungkan efek gelombang miring, rumus ini sukses diterapkan untuk desain breakwater vertikal yang dibangun di Jepang.

Rumus Goda yang asli mempunyai banyak kelebihan, terutama sebagai berikut :

1. Dapat diaplikasikan pada semua kondisi gelombang, contohnya baik pada standing atau breaking waves.
2. Rumusan gelombang pada desain adalah tinggi gelombang maksimum dan dapat dievaluasi dengan diagram atau rumus yang diberikan.
3. Sebagian didasarkan pada teori gelombang nonlinier dan dapat mewakili karakteristik tekanan gelombang dengan mempertimbangkan dua komponen tekanan; komponen tekanan

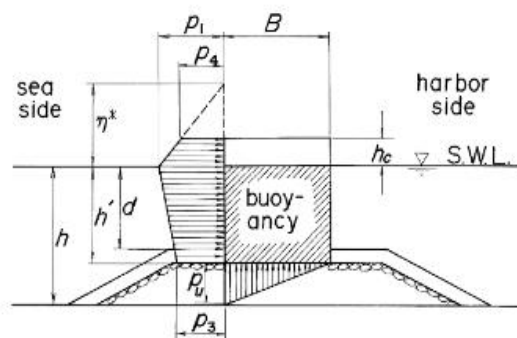
yang pecah dan perlahan bervariasi. Oleh karena itu, relatif mudah untuk memperluas rumus Goda untuk menerapkannya pada struktur tipe vertikal lainnya.

4. Rumus goda menjelaskan konsep tekanan uplift pada bagian bawah caisson, karena daya apung dari bagian tegak masih di air dan tekanan uplift yang disebabkan oleh aksi gelombang didefinisikan secara terpisah. Distribusi tekanan uplift memiliki bentuk segitiga.

Formula goda kemudian diperluas untuk mencakup parameter berikut :

1. Arah gelombang kejadian
2. Faktor modifikasi yang berlaku pada tipe dinding vertikal lainnya
3. Koefisien tekanan impulsif

Pada rumus Goda yang diperluas, tekanan gelombang yang bekerja sepanjang dinding vertikal diasumsikan mempunyai distribusi trapesium baik di atas maupun bawah permukaan air, sedangkan tekanan uplift yang bekerja di bagian bawah tegak lurus diasumsikan memiliki distribusi segitiga, seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Rumus tekanan Goda

(Handbook of Coastal and Offshore Engineering, Young C. Kim)

Daya apung dihitung dengan menggunakan volume perpindahan bagian tegak di air tetap pada disain tingkat air. seperti yang ditunjukkan, h menunjukkan kedalaman air di depan breakwater; d ,

kedalaman di atas lapisan armor dari dasar gundukan tanah; h' , jarak dari permukaan air desain ke bagian bawah tegak lurus; dan h_c , elevasi dari breakwater di atas permukaan air desain. Elevasi di mana tekanan gelombang diberikan, η^* , dan intensitas tekanan gelombang representatif p_1 , p_3 , p_4 , dan p_u dapat dituliskan dalam bentuk umum sebagai berikut

$$\eta^* = 0.75(1+\cos\theta)\lambda_1 H_D \dots\dots\dots (2.17)$$

$$p_1 = 0.5(1+\cos\theta)(\lambda_1\alpha_1+\lambda_2\alpha^*\cos^2\theta)\omega_0 H_D \dots\dots\dots (2.18)$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1$$

$$p_4 = \alpha_4 p_1$$

$$p_u = 0.5(1+\cos\theta)\lambda_3\alpha_1\alpha_3\omega_0 H_D \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan

$$\alpha_1 = 0.6 + 0.5 \left(\frac{(4\pi h/L_D)}{\sinh(4\pi h/L_D)} \right)^2 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\alpha^* = \max \{ \alpha_2, \alpha_1 \} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \left(\frac{h_b-d}{h_b} \right) \frac{(H_D/d)^2}{3} \frac{2d}{H_D} \right\} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\alpha_3 = 1 - \left(\frac{h'}{h} \right) \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh \left(\frac{2\pi h}{L_D} \right)} \right\} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\alpha_4 = 1 - \frac{h_c^*}{\eta^*} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$h_c^* = \min \{ \eta^*, h_c \} \dots\dots\dots (2.25)$$

Di mana θ adalah sudut antara arah pendekatan gelombang dan garis normal ke pemecah gelombang; λ_1 , λ_2 , λ_3 adalah faktor modifikasi tergantung pada tipe struktur; H_D , L_D adalah tinggi gelombang dan panjang gelombang yang digunakan untuk perhitungan beban gelombang; α_1 adalah koefisien tekanan impulsif; ω_0 adalah berat spesifik dari air laut; h_b adalah kedalaman air lepas pantai pada jarak 5 kali tinggi gelombang signifikan; $\min \{a,b\}$, nilai minimum dari a dan b; $\max \{a,b\}$, nilai maksimum dari a dan b.

2.2.4. PLAXIS 8.2 2D

R.B.J Brinkgreve (2007) menjelaskan PLAXIS 2D adalah sebuah software yang dikembangkan berdasarkan metode elemen hingga (*finite element*) yang digunakan untuk menganalisis deformasi dan stabilitas dari struktur dan bangunan geoteknik. Karena itu, PLAXIS mempunyai beberapa fitur untuk menyelesaikan berbagai permasalahan aspek struktur dan geoteknik yang kompleks. Berikut adalah beberapa fitur-fitur penting dalam PLAXIS:

- a. **Pembuatan model geometri secara grafis** : Input berupa pelapisan tanah, elemen-elemen struktur, tahapan konstruksi, pembebanan yang memungkinkan pembuatan model geometri berupa penampang melintang yang mendetil.
- b. **Pelat** : Elemen balok khusus dapat digunakan untuk memodelkan lentur dari dinding penahan, lining terowongan, elemen cangkang serta struktur-struktur tipis lainnya.
- c. **Antarmuka** : Elemen antarmuka atau elemen oenghubung dapat digunakan untuk memodelkan interaksi tanah-struktur. Contohnya, elemen ini dapat digunakan untuk memodelkan zona tipis di anatar lining terowongan dengan tanah disekelilingnya.
- d. **Jangkar** : Elemen pegas elastoplastis digunakan untuk memodelkan oenjangkaran dan penopang horisontal. Perilaku elemen ini diatur oleh kekauan normal penampang dan gaya maksimum.
- e. **Geotextile** : Geotextile atau geotekstil sering digunakan dalam praktek untuk timbunan yang membutuhkan perkuatan atau untuk sruktur penahan tanah. Elemen ini dapat dimodelkan dengan menggunakan elemen yang khusus menahan gaya tarik.
- f. **Model Mohr-Coulomb** : Model ini didasarkan pada parameter tanah yang telah dikenal dalam praktek rekayasa teknik sipil. Model ini juga dapat digunakan untuk menghitung safety factor dengan menggunakan pendekatan 'Reduksi phi-c'.

- g. **Tahapan konstruksi** : Fitur ini memungkinkan simulasi yang realistis dari suatu proses konstruksi atau penggalian, yaitu dengan mengaktifkan atau menonaktifkan elemen klaster atau beban, mengubah elevasi muka air, dan sebagainya. Prosedur ini memungkinkan prediksi tegangan dan deformasi yang terjadi, misal pada saat penggalian tanah dalam suatu konstruksi bawah tanah.
- h. **Safety factor** : Safety factor pada umumnya didefinisikan sebagai perbandingan dari beban runtuh terhadap beban kerja. Definisi ini tepat untuk pondasi, tetapi kurang tepat untuk turap atau timbunan. Untuk struktur semacam ini, lebih tepat menggunakan perbandingan antara kuat geser yang tersedia terhadap kuat geser yang dibutuhkan untuk mencapai keseimbangan.
- i. **Tampilan dari output** : Program PLAXIS mempunyai fitur-fitur grafis untuk menampilkan hasil-hasil dari perhitungan. Nilai perpindahan, tegangan, regangan dan gaya-gaya dalam dari elemen struktural dapat diperoleh dari tabel output.

Kemudian situs resmi Plaxis, www.plaxis.com menyebutkan bahwa Plaxis mempunyai beberapa kelebihan, seperti :

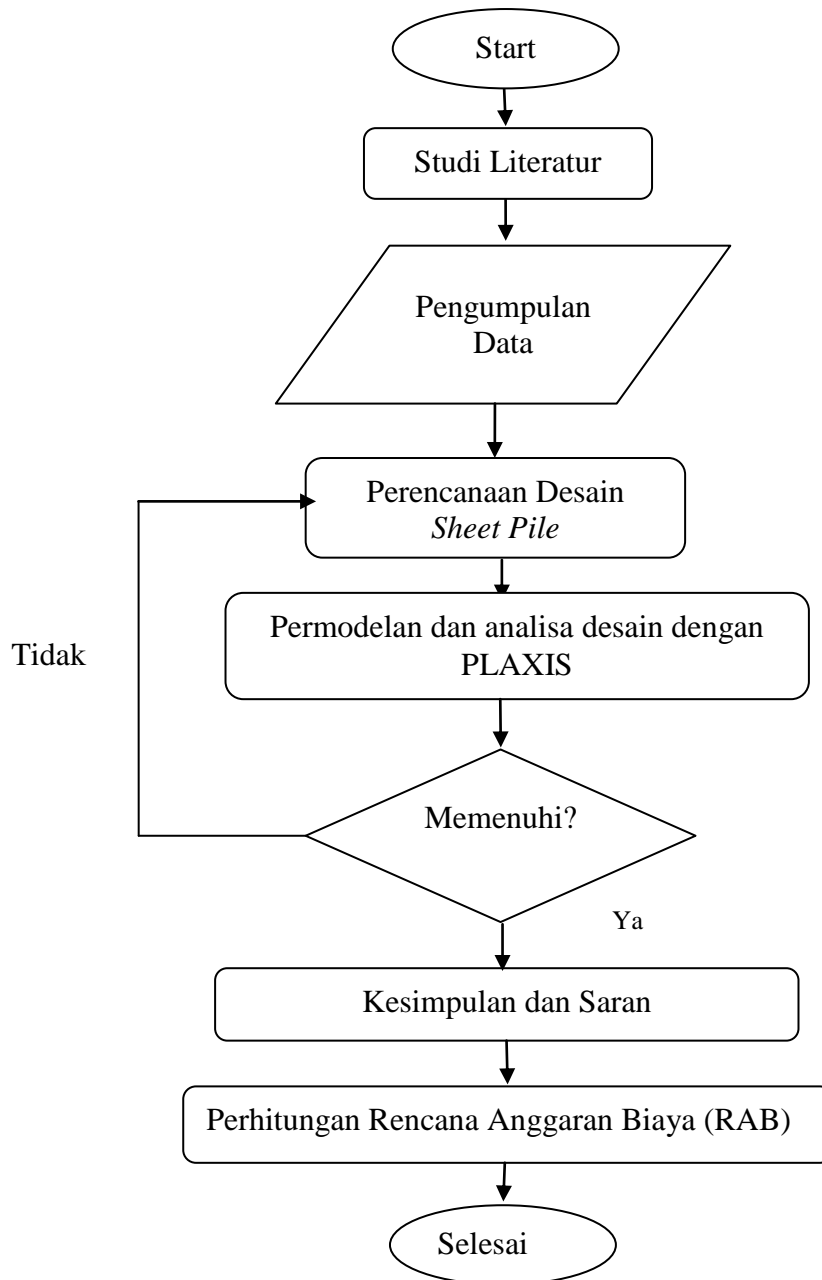
- a. Hasil perhitungan dan simulasi model yang dapat diandalkan karena Plaxis merupakan standar untuk desain geotechnical.
- b. Tampilan yang sederhana sehingga membuat Plaxis mudah digunakan baik pemula ataupun ahli di bidang modeling finite element geotechnical.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Dalam tugas akhir ini diperlukan diagram alir pengerjaan untuk mempermudah evaluasi perkembangan. Secara garis besar, pengerjaan tugas akhir ini dapat dijelaskan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2. Prosedur Penelitian

Diagram alir gambar. menggambarkan mengenai tahap-tahap pengerjaan pada tugas akhir ini. Adapun uraian diagram alir dijelaskan seperti di bawah ini:

1. Studi Literatur

Dalam tahap ini, penulis melakukan studi literatur dari beberapa jurnal nasional dan buku untuk memahami lebih dalam mengenai perencanaan dinding penahan tanah, dalam tugas akhir ini yang dibahas adalah *sheet pile* (dinding turap). Mulai dari pengertian, faktor yang mempengaruhi, hingga tahap-tahap perencanaannya. Proses pemahaman ini dilakukan dengan mencari sumber bacaan, membaca dan kemudian memahaminya. Setelah itu, berbagai informasi tersebut kemudian dikaitkan dengan kondisi dan permasalahan yang terdapat pada laporan tugas akhir ini.

2. Pengumpulan Data

Dalam tahap ini, peneliti menggunakan data sekunder yang didapatkan dari hasil penelitian maupun pengukuran yang dilakukan pihak lain. Data-data tersebut meliputi :

- Batimetri lokasi
- Data persebaran gempa
- Data tanah
- Data spesifikasi sheet pile

3. Perencanaan Desain *Sheet Pile*

Dalam tahap ini, penulis menentukan karakteristik dinding sheet pile berdasarkan data spesifikasi sheet pile yang telah tersedia yang mencakup panjang, diameter, penetrasi dinding turap, jenis material, menentukan tipe dari *sheet pile* yang didesain (kantilever atau berjangkar), dan momen lentur maksimum.

4. Permodelan dan analisa dengan PLAXIS

Dalam tahap ini, penulis menggunakan PLAXIS 8.2 untuk membuat model dari desain yang telah selesai dirancang menggunakan Autocad sebelumnya. Dari model tersebut dapat diketahui ilustrasi dari tekanan tanah, momen, serta defleksi yang terjadi pada *sheet pile*. Selain itu, dapat diketahui pula *safety factor* dari sheet pile tersebut. Apabila safety factor kurang dari 1,5, maka perlu dilakukan redesain model. Tidak lupa untuk membandingkan momen lentur dari hasil running PLAXIS dengan sheet pile. Apabila momen lentur dari hasil running PLAXIS lebih besar dari momen lentur maksimal dari data spesifikasinya, maka perlu dipilih tipe *sheet pile* yang lain dan dilakukan running ulang sampai syarat momen terpenuhi.

5. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Setelah analisa selesai dilakukan dan struktur dapat dipastikan aman, penulis menghitung total rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam konstruksi struktur tersebut.

6. Kesimpulan dan Saran

Dalam tahap ini, penulis menuliskan beberapa kesimpulan dan saran yang dapat diterapkan dalam penelitian berikutnya untuk memperoleh hasil yang lebih baik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

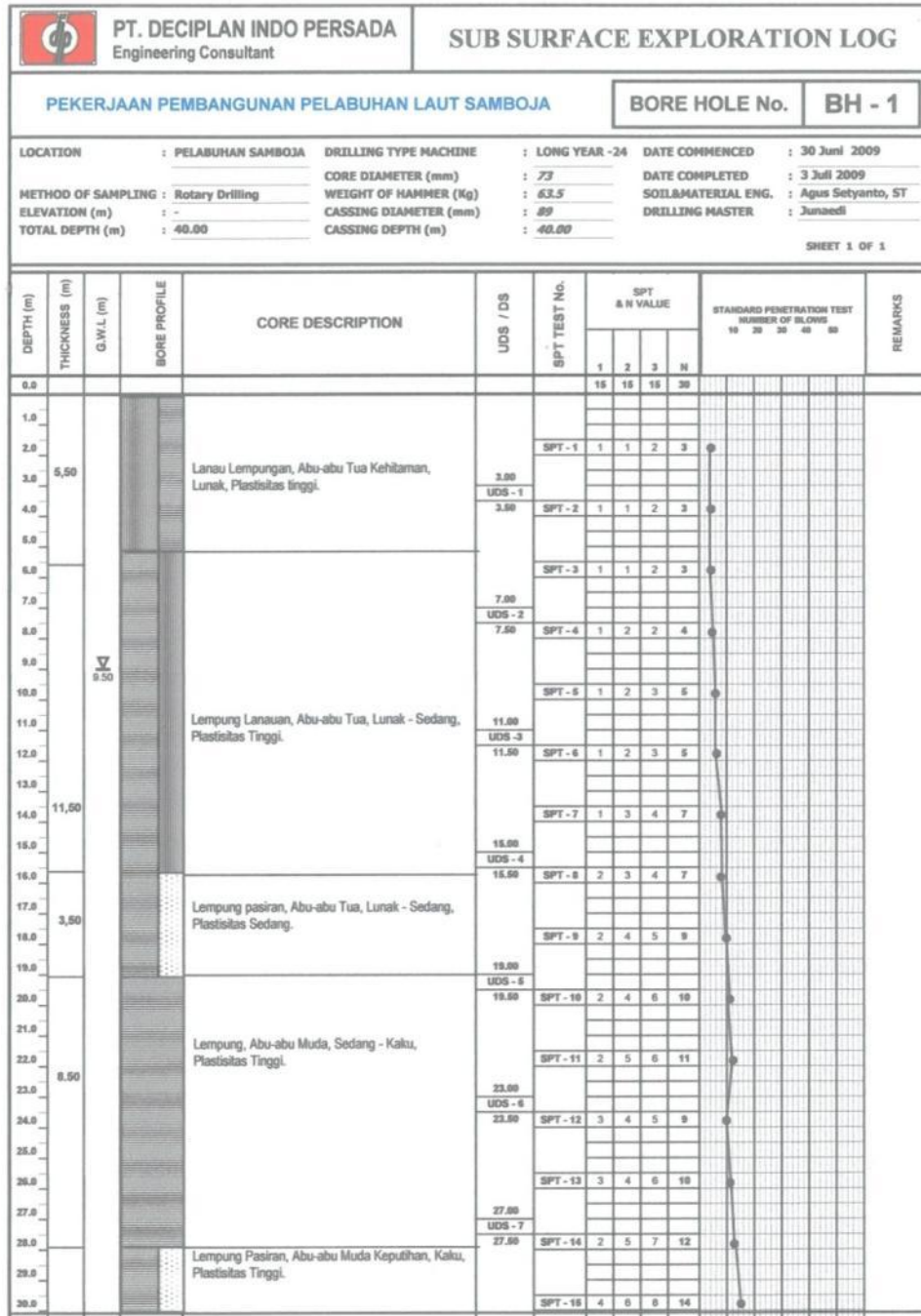
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Desain *Sheet Pile*

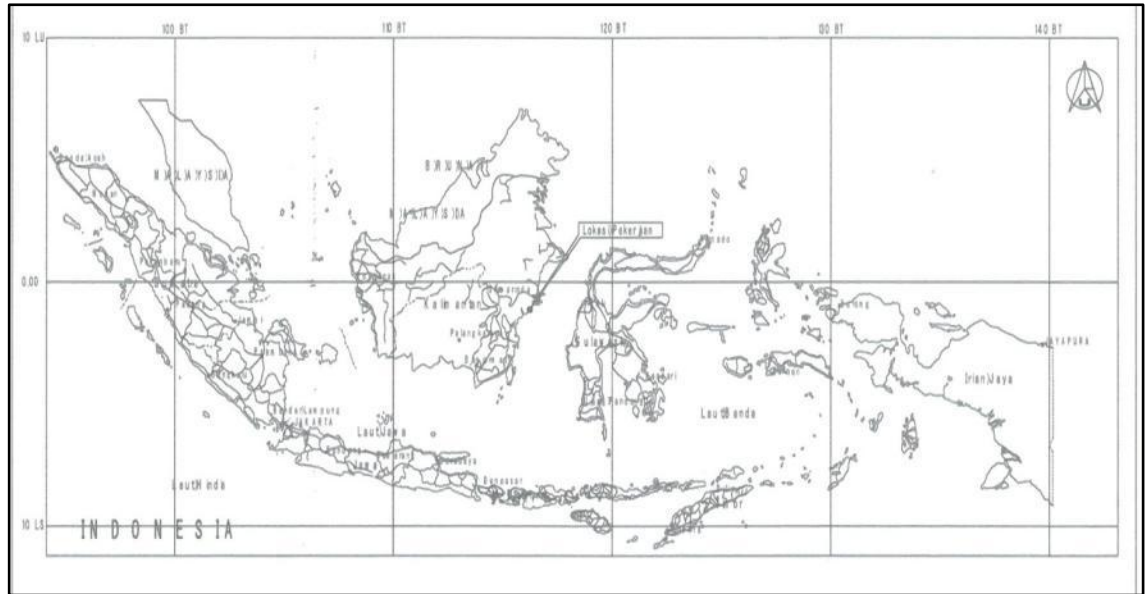
4.1.1. Data Awal

a. Data tanah



Gambar 4.1. Data tanah di bawah 0 m

b. Peta Orientasi



Gambar 4.2. Lokasi pengerjaan proyek

c. Layout Lokasi



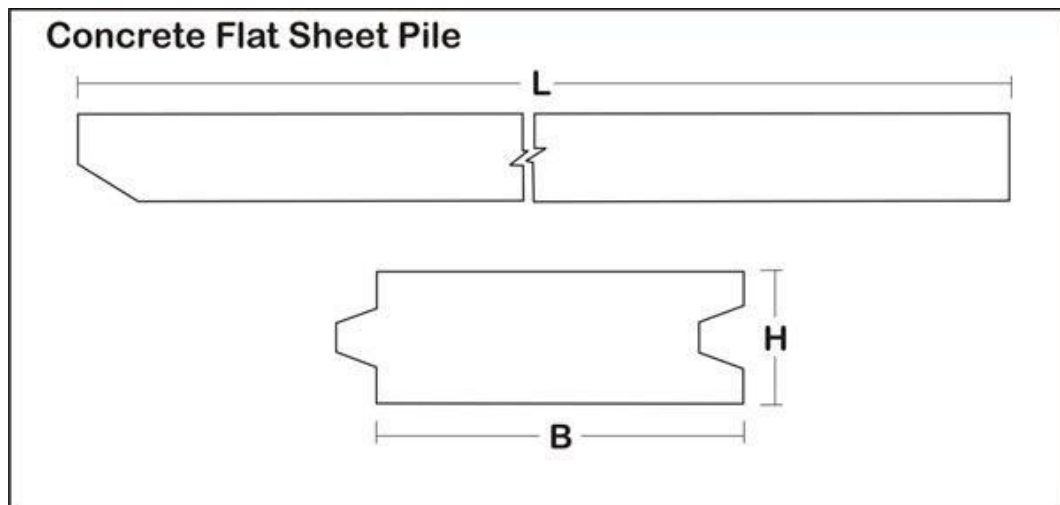
Gambar 4.3. Layout Lokasi

d. Dokumentasi Lokasi Pengerjaan



Gambar 4.4. Dokumentasi lokasi pengerjaan

e. Tabel Spesifikasi *Sheet Pile*



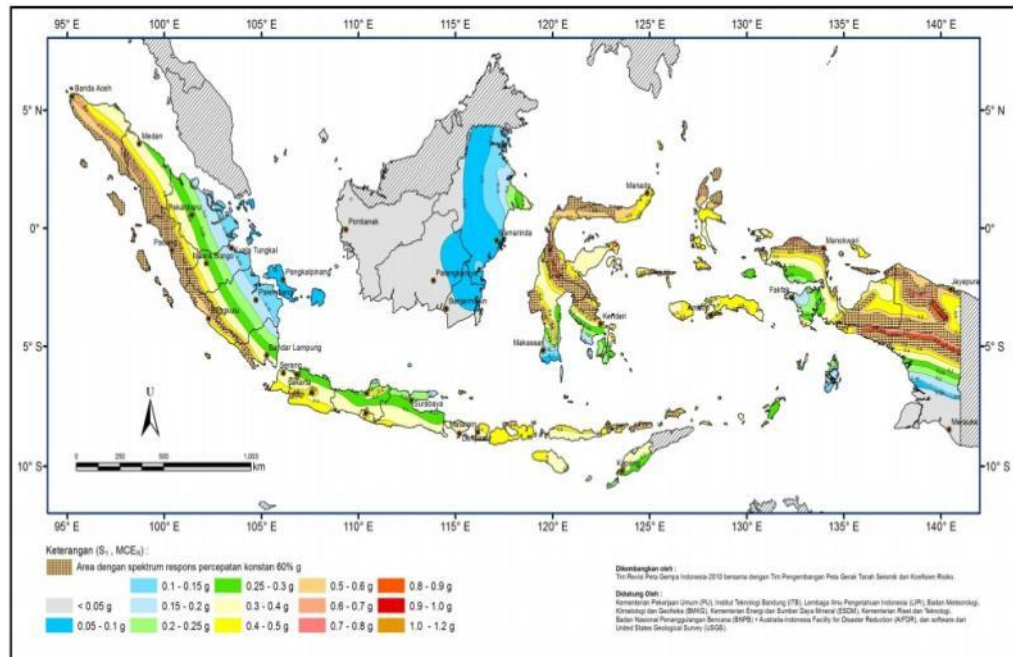
Tabel 4.1. Spesifikasi *concrete sheet pile*

Standart Specification PC Sheet Pile

Size b x h (cm)	Type	Length (m)	Bending Moment Capacity		Effective Prestress of Concrete (kg/cm ²)
			Cracking (t-m)	Ultimate (t-m)	
50 X 22	A1	6 - 10	3.11	4.98	33.42
	A2	6 - 10	3.58	6.65	44.56
	A3	6 - 12	4.05	8.31	55.70
	A4	6 - 13	4.52	9.97	66.84
	B1	6 - 12	4.24	8.98	60.15
	B2	6 - 13	5.09	11.97	80.21
	B3	6 - 14	5.93	14.96	100.26
	B4	6 - 14	6.78	17.95	120.31
50 X 32	A1	6 - 10	5.66	7.25	22.98
	A2	6 - 12	6.34	9.67	30.63
	A3	6 - 13	7.02	12.10	38.29
	A4	6 - 14	7.71	14.51	45.95
	A5	6 - 14	8.39	16.93	53.61
	B1	6 - 12	7.30	13.06	41.36
	B2	6 - 14	8.50	17.41	55.14
	B3	6 - 15	9.75	21.76	68.93
	B4	6 - 16	10.98	26.12	82.71
	B5	6 - 16	12.21	30.47	96.50

(http://www.betonprimaindonesia.com/pc_flat_sheet_piles.html)

f. Peta Persebaran Gempa



Gambar 4.5. Peta Persebaran Gempa (www.google.com)

4.1.2. Analisa Data Tanah

Berdasarkan data tanah sebelumnya, dapat diperoleh parameter desain sebagai berikut :

a. Lapisan pertama (*sand*) :

$$L_1 = 4,7 \text{ m}$$

$$\gamma = 15,33 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 35^\circ$$

b. Lapisan kedua (*sand*) :

$$L_2 = 3 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 18,67 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 35^\circ$$

c. Lapisan ketiga (*clay*) :

$$D = ? \text{ m}$$

$$c = 30 \text{ kN/m}^2$$

Data tambahan :

$$\gamma_w = 9,78 \text{ kN/m}^3 \text{ (pada suhu ruang)}$$

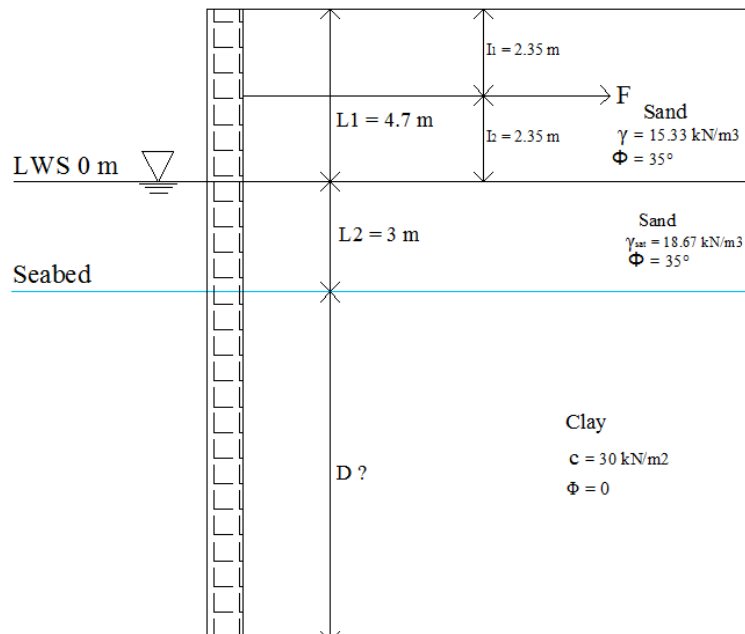
$$\gamma' = \gamma - \gamma_w = 8,89 \text{ kN/m}^3$$

4.1.3. Pemilihan Tipe *Sheet Pile*

Tipe *sheet pile* yang akan didesain pada tugas akhir ini adalah *anchored sheet pile* dengan material dasar beton. Jika dibandingkan dengan *cantilever sheet pile*, penetrasi kedalaman pada *anchored sheet pile* lebih kecil sehingga dapat mengurangi penggunaan material yang digunakan dan lebih ekonomis.

4.1.4. Desain *Sheet Pile* pada Autocad

Setelah mendapatkan rincian data tanah sebelumnya, maka desain *sheet pile* dapat dibuat di Autocad. Tetapi terlebih dahulu ditentukan kedalaman berapa *anchor* tersebut dipasang. Pada kasus ini, *anchor* akan dipasang pada $\frac{1}{2} L_1$ yaitu pada kedalaman, $I_1 = I_2 = 2,35 \text{ m}$. Berikut adalah desain *sheet pile* pada Autocad :



Gambar 4.6. Desain *sheet pile* Autocad

4.1.5. Perhitungan Kedalaman Penetrasi *Sheet Pile*

a. Menentukan koefisien tanah aktif

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2(45 - \phi'/2) \\&= \tan^2(45 - 35/2) = 0,2709\end{aligned}$$

b. Berdasarkan perhitungan pada subbab 2.2.1.5, dapat dihitung nilai-nilai berikut :

$$\begin{aligned}- \sigma'_1 &= \gamma L_1 K_a = (15,33)(4,7)(0,2709) = 19,525 \text{ kN/m}^2 \\- \sigma'_2 &= (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a \\&= [(15,33)(4,7) - (8,89)(3)](0,2709) = 26,752 \text{ kN/m}^2 \\- P &= \text{luas 1} + \text{luas 2} + \text{luas 3} \\&= 1/2 \sigma'_1 L_1 + \sigma'_1 L_1 + 1/2 (\sigma'_2 - \sigma'_1) L_2 \\&= 45,884 + 58,575 + 10,84 = 115,3003 \text{ kN/m} \\- z_1 &= \frac{(45,884)(3 + \frac{4,7}{3}) + (58,575)(\frac{3}{2}) + (10,84)(\frac{3}{3})}{115,3} = 2,673 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Persamaan untuk menghitung nilai D (kedalaman) adalah sebagai berikut :

$$\sigma'_6 D^2 + 2\sigma'_6 D(L_1 + L_2 - I_1) - 2P_1(L_1 + L_2 - I_1 - z_1) - \text{Beban Gelombang} = 0$$

dengan $\sigma'_6 = 4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2) = 21,279 \text{ kN/m}^2$ dan beban gelombang yang dihitung menggunakan rumus Goda menunjukkan beban sebesar $20,2 \text{ kN/m}^2$. Untuk perhitungan beban gelombang yang lebih lengkapnya akan dicantumkan pada lampiran.

Sehingga, persamaan tersebut menjadi :

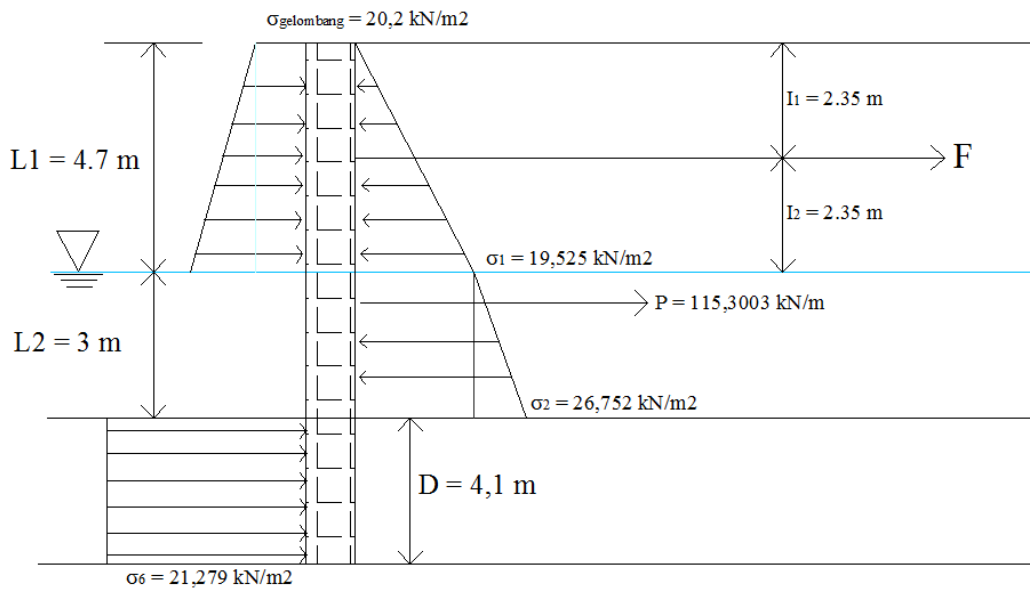
$$21,279 D^2 + 1056,315 D - 617,2312 - 20,2(2,35) = 0$$

Maka, $D = 2,7625 \text{ m}$

Setelah itu, D dikalikan SF sebesar 1,5 sehingga $D = 4,1 \text{ m}$

4.1.6. Pressure Diagram

Setelah mendapatkan parameter-parameter dari perhitungan 4.1.5, maka dapat dibuat diagram sebagai berikut :



Gambar 4.7. Pressure diagram

4.1.7. Gaya Jangkar

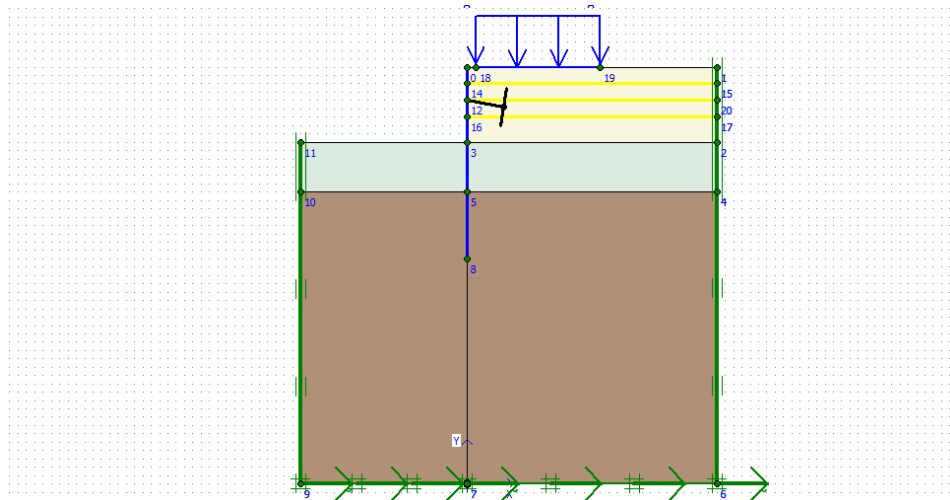
Dari gambar 4.2., dapat diketahui bahwa nilai F (gaya jangkar) belum diketahui. Sesuai dengan rumus 2.9, gaya jangkar untuk *anchored sheet pile penetrating clay* dapat dihitung sebagai berikut :

$$P - \sigma'_6 D = F$$

$$115,3303 - (21,279)(3,375) = 43,483 \text{ kN/m}$$

4.2. Pemodelan dan Analisa Desain dengan PLAXIS

Setelah itu desain *sheet pile* Autocad dimodelkan dengan PLAXIS untuk dianalisa lebih lanjut. Berikut adalah model sheet pile PLAXIS :



Gambar 4.8. Model *sheet pile* PLAXIS

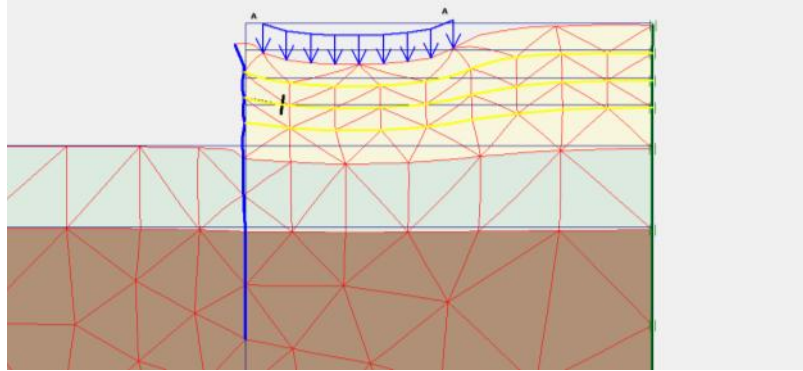
Setelah model selesai dibuat seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8, dilanjutkan dengan input beberapa parameter yang digunakan, berikut penjelasannya :

- Input data tanah, data tanah yang digunakan sama dengan subbab 4.1.2 dan beberapa data tambahan berupa Angka Poisson dan Modulus Young pada masing-masing lapisan tanah yang sesuai.
- Input data *sheet pile* beton, *sheet pile* yang digunakan adalah *concrete sheet pile* tipe A3 lebar 50 cm dengan panjang 6-12 m.
- Input data jangkar, parameter jangkar dipilih tipe jangkar ujung tetap dengan panjang 5 m dan kemiringan 10^0 .
- Input data *geotextile*, dipilih *geotextile* tipe elastis dengan kekakuan 1×10^5 kN/m
- Input beban di atas timbunan, diasumsikan terdapat beban berupa batu bara sebesar $2,5 \text{ ton/m}^2$ di atas timbunan (perhitungan terdapat pada lampiran)
- Input beban gempa, menyesuaikan dengan beban gempa yang relatif kecil di Kalimantan Timur maka diasumsikan adanya pergeseran tanah akibat gempa sebesar 0,5 m.

Setelah *input* data selesai dilakukan, maka dapat dilakukan running model tersebut untuk mendapatkan besar deformasi yang

terjadi dan nilai SF (*safety factor*). Berikut adalah beberapa *output* PLAXIS yang dihasilkan :

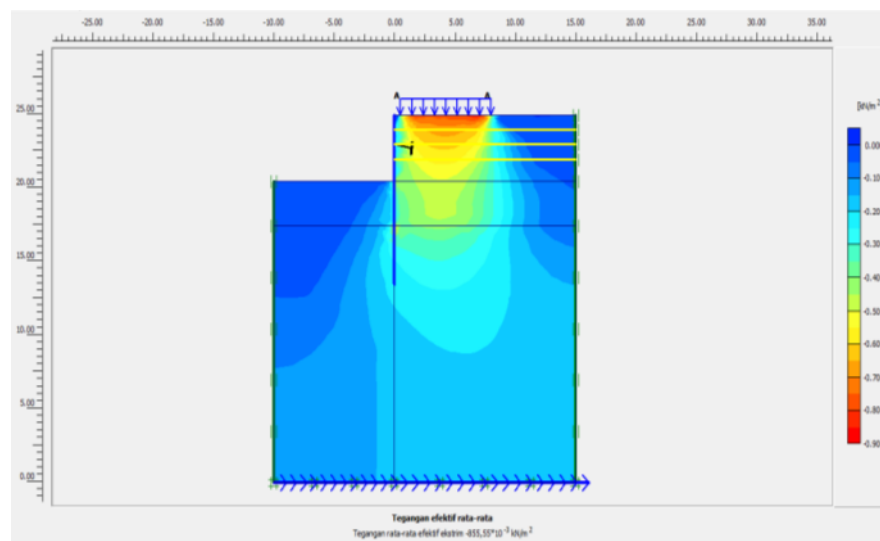
a. Deformasi *sheet pile*



Gambar 4.9. Deformasi pada *sheet pile*

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa beban yang berada di atas timbunan mengakibatkan adanya gaya menekan tanah. Gaya tersebut menyebabkan tekanan tanah bergerak mendorong sheet pile. Karena tekanan tanah lebih besar dari kekuatan *sheet pile*, *sheet pile* mengalami perubahan bentuk/deformasi. Namun, dalam kasus ini deformasi *sheet pile* tergolong kecil karena, yaitu sebesar $1,132 \times 10^{-3}$ m.

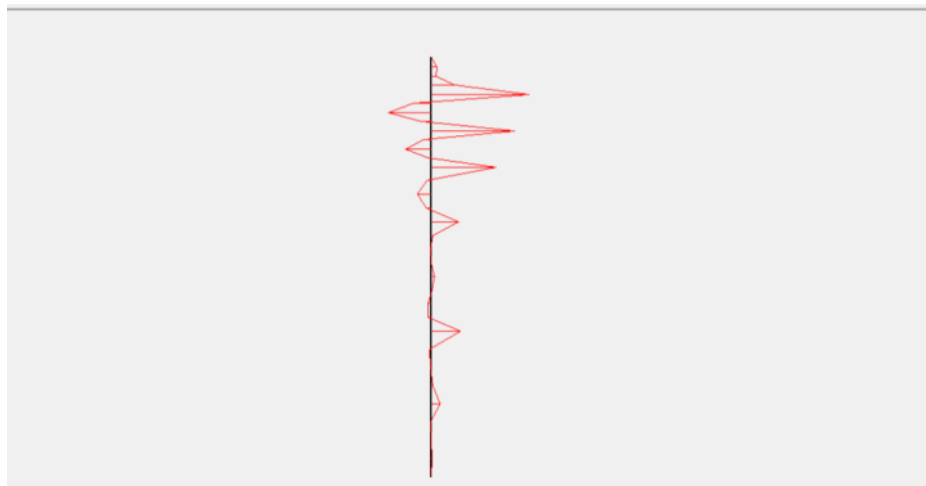
b. Tegangan efektif *sheet pile*



Gambar 4.10. Tegangan Efektif Rata-rata

Pada gambar 4.11., dapat dilihat bahwa nilai tegangan efektif terbesar sebesar berada pada tanah yang terkena beban langsung, yaitu kurang lebih sebesar $0,5 \text{ kN/m}^2 - 0,85 \text{ kN/m}^2$ untuk lapisan tanah 1. Sedangkan untuk lapisan tanah 2, nilai tegangan mengecil sebesar $0,35 \text{ kN/m}^2 - 0,5 \text{ kN/m}^2$. Untuk lapisan tanah 3, nilai tegangan semakin kecil sehingga menjadi sebesar $0,2 \text{ kN/m}^2 - 0,4 \text{ kN/m}^2$ nilai tegangan dari atas ke bawah pada setiap lapisan tanah menunjukkan nilai yang semakin kecil. Dari besar nilai tegangan di atas, dapat dilihat bahwa nilai tegangan dari atas ke bawah menunjukkan setiap lapisan tanah mempunyai nilai tekanan yang mampu mengurangi nilai tegangan yang semakin kecil.

c. Momen Lentur



Gambar 4.11. Momen Lentur

Pada gambar di atas, ditunjukkan kurva dari momen lentur *sheet pile*. Nilai momen lentur yang didapatkan dari hasil *running* sebesar $13,7 \times 10^{-3} \text{ kNm/m}$ atau jika dikonversikan ke satuan ton.m menjadi 1,539 ton.m. Dari spesifikasi *concrete sheet pile* yang telah dipilih sebelumnya mempunyai momen lentur maksimal sebesar 4,05 ton.m. Jadi dapat disimpulkan bahwa sheet pile yang digunakan dalam kasus ini tergolong aman.

d. *Safety Factor*

Faktor pengali total	
Σ -Mdisp:	0,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	0,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,0419

Gambar 4.12. *Safety factor sheet pile*

Dari gambar 4.12, nilai SF ditunjukkan sebesar 2,0419 yang berada pada syarat yang diijinkan yaitu SF lebih 1,5, maka dapat dinyatakan bahwa desain sudah aman.

4.3. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan referensi dari berbagai sumber, diperoleh daftar harga barang/upah/alat yang diperlukan dalam realisasi perencanaan *sheet pile* di Kalimantan Timur pada tahun 2016/2017 sebagai berikut :

Tabel 4.2. Daftar harga bahan per satuan

No	Jenis Bahan`	Unit	Harga Satuan (Rp)
1	Oli	liter	60.000
2	Solar	liter	7.250
3	Grease	kg	41.500
4	Kawat las/electrode	kg	23.700
5	Plat Besi	Kg	9.800
6	Kayu Gelam	Btg	23.700
7	Ready Mix K-350 (fc'=30 Mpa) semen PPC	m3	996.800
8	Ready Mix K-300 (fc'=28 Mpa)	m3	888.400
9	Sheet Pile Beton panjang 6-18 m, tebal 100 mm	btg	9.807.600
10	Geotextile	m2	23.000

Tabel 4.3. Daftar upah per orang hari (oh)

No	Jenis Upah	Unit	Harga Satuan (Rp)
1	Operator alat berat	oh	177.700
2	Operator dewatering	oh	148.100
3	Pembantu operator	oh	118.500

4	Pekerja	oh	106.600
5	Surveyor	oh	213.200
6	Ass. Surveyor	oh	118.500
7	Mandor	oh	159.900
8	Kru pancang	oh	106.600
9	Tukang las	oh	142.100
10	Mekanik	oh	177.700
11	Sopir	oh	142.100
12	Galian Perataan tanah	m3	71.100

Tabel 4.4. Daftar harga sewa alat per jam

No	Jenis Alat	Unit	Harga Satuan (Rp)
1	Crane 10 - 15 ton	jam	487.500
2	Crane service 10 - 15 ton	jam	487.500
3	Crane pancang 10 - 15 ton	jam	487.500
4	Perahu service	jam	296.100
5	Alat survey/total station	jam	98.700
6	Mesin Las	jam	59.200
7	Generator Zet	Jam	76.100

Sesuai dengan *layout* perencanaan yang telah tersedia, *sheet pile* akan dipasang mengelilingi daerah reklamasi sepanjang 1600 meter. Dalam perhitungan RAB ini akan ada 4 tahap yang diperhatikan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan pemasangan *sheet pile*, pekerjaan perkuatan tanah dan pekerjaan *finishing* atau pembersihan. Berikut adalah perkiraan total harga yang diperlukan :

Tabel 4.5. Rencana Anggaran Biaya Pemasangan *Sheet Pile*

Code	Item Pekerjaan	Total
A	Pekerjaan persiapan	1.338.365.100,00
B	Pekerjaan pemasangan <i>sheet pile</i>	73.725.504.000,00
C	Pekerjaan perkuatan tanah	2.533.440.000,00
D	Pekerjaan <i>finishing</i> atau pembersihan	7.475.000,00
	JUMLAH TOTAL	77.647.564.100,00
	PPN 10%	7.764.756.410,00
	GRAND TOTAL	85.412.320.510,00

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan *running* sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sheet pile yang digunakan dalam kasus ini adalah sheet pile beton dengan panjang 6-12 m, lebar 50 cm, dan mempunyai momen lentur maksimum sebesar 4,05 ton. Kedalaman penetrasi *sheet pile* sebesar 4,1 m. Dari hasil *running* PLAXIS menunjukkan bahwa desain telah aman, ditunjukkan dengan nilai *safety factor* yang melebihi batas minimum sebesar 2,0419.
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan apabila dilakukan realisasi desain adalah sebesar Rp85.412.320.510,00

5.2. Saran

1. Untuk penelitian berikutnya dapat dicoba alternatif pelindung lain, seperti *retaining wall* atau *cantilever sheet pile*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Adhytiya, Didiet dkk. 2014. “Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah Underpass Mayjen Sungkono Surabaya”. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, (2014)*
- Anggraini, Dian dan Indrasurya B. Mochtar. 2013. “Perencanaan Perkuatan Tanggul Untuk Menanggulangi Longsor Di Tebing Sungai Segah Jalan Bujangga, Berau”. *Jurnal Teknik POMITS Vol. 1, No. 1, (2013) 1-6*
- Anonim. 2016. “Pengertian Reklamasi, Tujuan, dan Sistem Reklamasi”. Selasa, 7 Februari 2017. www.radarplanologi.com/2016/04/pengertian-reklamasi-tujuan-dan-sistem.html
- Ariyani, N dan Asrulfa Y D. 2012. “Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Rembesan Pada Embung Babadan, Desa Girikerto, Kec. Turi, Kab. Sleman, Yogyakarta”. *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2/th XVII/2012*
- Brinkgreve, R.B.J. 2007. *PLAXIS Manual*. Belanda : PLAXIS b.v.
- Daz, Braja M. 2007. *Principles of Foundation Engineering Seventh Edition*. USA : Cengage Learning
- Fitriah Nur, Oscar dan Abdul Hakam. 2010. “Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis Dengan Simulasi Numerik”. *Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 6 No. 2, Oktober 2010*
- Hadihardaja, J. 1997. *Rekayasa Pondasi I – Konstruksi Penahan Tanah*. Jakarta : Gunadarma
- Hardiyatmo, Hary C. 2008. *Teknik Pondasi 2*. Jakarta : -

Kim, Young C. 2010. *Handbook of Coastal and Ocean Engineering*. Singapura : World Scientific Publishing Company

Lakada, Christian Robbynson. 2015. *Tinjauan Perencanaan dan Metode Pelaksanaan Dinding Penahan Tanah Pada Proyek Pembangunan Hotel Ibis Manado*. Manado : Politeknik Negeri Manado

Listyawan, Anto Budi dkk. 2013. “Desain Dimensi Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Program Geo 5”. *Simposium Nasional RAPI XII - 2013 FT UMS*

Nugraha, Arya dan Suhendro Trinugroho. 2013. *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Program Geo 5*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta

PT. Beton Prima Indonesia. 2011. “PC Flat Sheet Pile”. Sabtu, 11 Februari 2017. http://www.betonprimaindonesia.com/pc_flat_sheet_piles.html

Republik Indonesia. 2007. UU RI No. 27 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Jakarta : Lembaran Negara RI tahun 2007

Rymo Kisworo, Gutama. 2014. *Perencanaan Dinding Gravitasi Dengan Program Geo 5*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta

Tri Cahya, Wahyu. 2013. *Perhitungan Struktur Dinding Penahan Tanah Pada Pembangunan Longsoran Pada Ruas Jalan Soekarno-Hatta Km 8 Balikpapan*. Samarinda : Universitas 17 Agustus 1945

Triambodo, Gagah dkk. 2014. “Perencanaan Konstruksi Dinding Penahan Tanah pada Underpass Jemursari, Surabaya”. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, (2014) 1-6*

Yuliet, Rina dkk. 2014. “Studi Stabilitas Turap Beton Pada Tepi Sungai Anai Kabupaten Padang Pariaman”. *Jurnal Teknik Sipil Vol. 13 No. 1, Oktober 2014* : 56-68

LAMPIRAN A
RENCANA ANGGARAN BIAYA

DAFTAR HARGA BAHAN / UPAH / ALAT

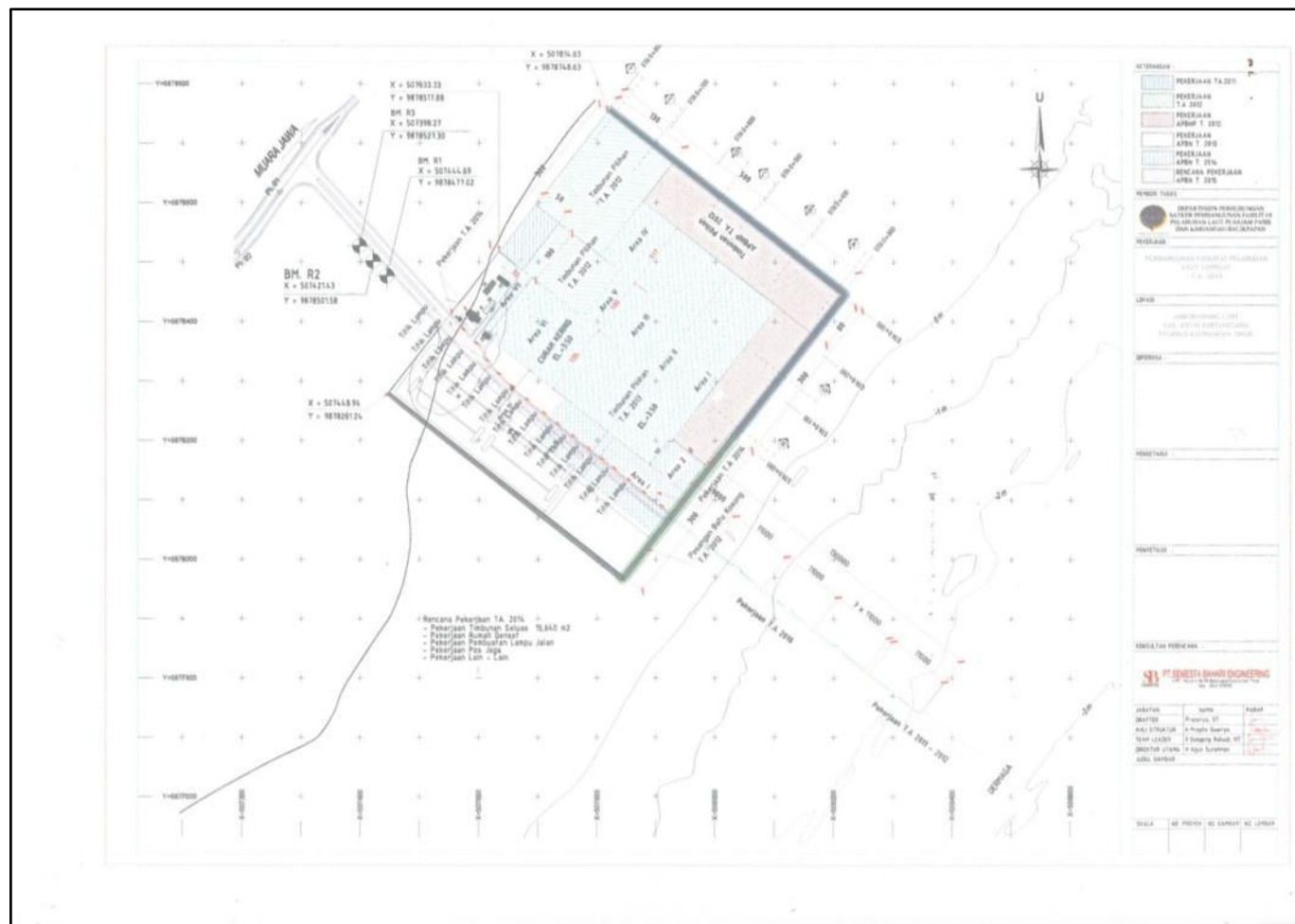
NO.	JENIS BAHAN / UPAH / ALAT	UNIT	HARGA SATUAN (RP.)
	A. BAHAN		
1	Oli	liter	60.000
2	Solar	liter	7.250
3	Grease	kg	41.500
4	Kawat las/elecktrode	kg	23.700
5	Plat Besi	Kg	9.800
6	Kayu Gelam	Btg	23.700
7	Ready Mix K-350 (fc'=30 Mpa) semen PPC	m3	996.800
8	Ready Mix K-300 (fc'=28 Mpa)	m3	888.400
9	Sheet Pile Beton panjang 6-18 m, tebal 100 mm	btg	9.807.600
10	Geotextile	m2	23.000
	B. UPAH		
1	Operator alat berat	oh	177.700
2	Operator dewatering	oh	148.100
3	Pembantu operator	oh	118.500
4	Pekerja	oh	106.600
5	Surveyor	oh	213.200
6	Ass. Surveyor	oh	118.500
7	Mandor	oh	159.900
8	Kru pancang	oh	106.600
9	Tukang las	oh	142.100
10	Mekanik	oh	177.700
11	Sopir	oh	142.100
12	Pemancangan by Imanuel Tehnik	m'	155.600
13	Pemancangan by Buana Utama	m'	306.200
14	Pulling out by Imanuel Tehnik	m'	169.400
15	Penyambungan Sheet pile by Imanuel Tehnik	btg	110.800
16	Pemotongan Sheet pile by Imanuel Tehnik	btg	97.700
17	Handling Sheet Pile ke titik pancang by Buana Utama	m'	13.000
18	Mob-demob Peralatan Pemancangan by Imanuel Tehnik	1 Unit	19.544.300
19	Mob-demob Peralatan Pencabutan by Imanuel Tehnik	1 Unit	19.544.300
20	Mob-demob Crane	1 Unit	4.145.800
21	Biaya idle alat pancang by Buana Utama	Hr	7.699.300
22	Galian Perataan tanh	m3	71.100
			-
	C. ALAT		
1	Crane 10 - 15 ton	jam	487.500
2	Crane service 10 - 15 ton	jam	487.500
3	Crane pancang 10 - 15 ton	jam	487.500
4	Perahu service	jam	296.100
5	Alat survey/total station	jam	98.700
6	Mesin Las	jam	59.200
7	Generator Zet	Jam	76.100

RENCANA ANGGARAN BIAYA PEMANCANGAN SHEET PILE

Code	No	Item Pekerjaan	Vol	Unit	Harga Satuan		Total Harga		Total Besar
					Material	Jasa	Material	Jasa	
A		PEKERJAAN PERSIAPAN							
	1	Mob-Demobilisasi Peralatan	1	l/s	30.621.300,00	5.403.800,00	30.621.300,00	5.403.800,00	36.025.100,00
	2	Survey - Uewzeite - Bouwplank	1	l/s	32.000.000,00	24.000.000,00	32.000.000,00	24.000.000,00	56.000.000,00
	3	Direksi Keet dan Gudang	1	l/s	80.000.000,00	24.000.000,00	80.000.000,00	24.000.000,00	104.000.000,00
	4	Mobilisasi / Operasional selama Pek.Konstruksi	1	l/s	-	975.000.000,00	-	975.000.000,00	975.000.000,00
	5	Safety dan APD	1	l/s	125.730.000,00	-	125.730.000,00	-	125.730.000,00
	6	First Aid	1	l/s	-	6.550.000,00	-	6.550.000,00	6.550.000,00
	7	Managemant Proyek - Report - Documentation - As build Drawing	1	l/s	35.060.000,00	-	35.060.000,00	-	35.060.000,00
B		PEKERJAAN PEMANCANGAN SHEET PILE							
	1	Mob-demobilisasi Peralatan pancang	1	l/s	36.363.000,00	6.417.000,00	36.363.000,00	6.417.000,00	42.780.000,00
	2	Pengadaan dan Pemasangan Concrete Sheet pile dgn kedalaman 11 meter	3200	m1	19.070.314,00	3.968.906,00	61.025.004.800,00	12.700.499.200,00	73.725.504.000,00
C		PEKERJAAN PERKUATAN TANAH							
	1	Pekerjaan pemasangan geotextile	750	roll	3.250.000,00	127.920,00	2.437.500.000,00	95.940.000,00	2.533.440.000,00
D		PEKERJAAN FINISHING & PEMBERSIHAN							
	1	Pekerjaan pembersihan seluruh area	1,00	L/s	5.750.000,00	1.725.000,00	5.750.000,00	1.725.000,00	7.475.000,00
		JUMLAH TOTAL BESAR							77.647.564.100,00
		PPN 10%							7.764.756.410,00
		GRAND TOTAL							85.412.320.510,00

LAMPIRAN B

DATA AWAL PERENCANAAN



Layout Lokasi



PT. DECIPLAN INDO PERSADA
Engineering Consultant

SUB SURFACE EXPLORATION LOG

PEKERJAAN PEMBANGUNAN PELABUHAN LAUT SAMBOJA

BORE HOLE No. **BH - 1**

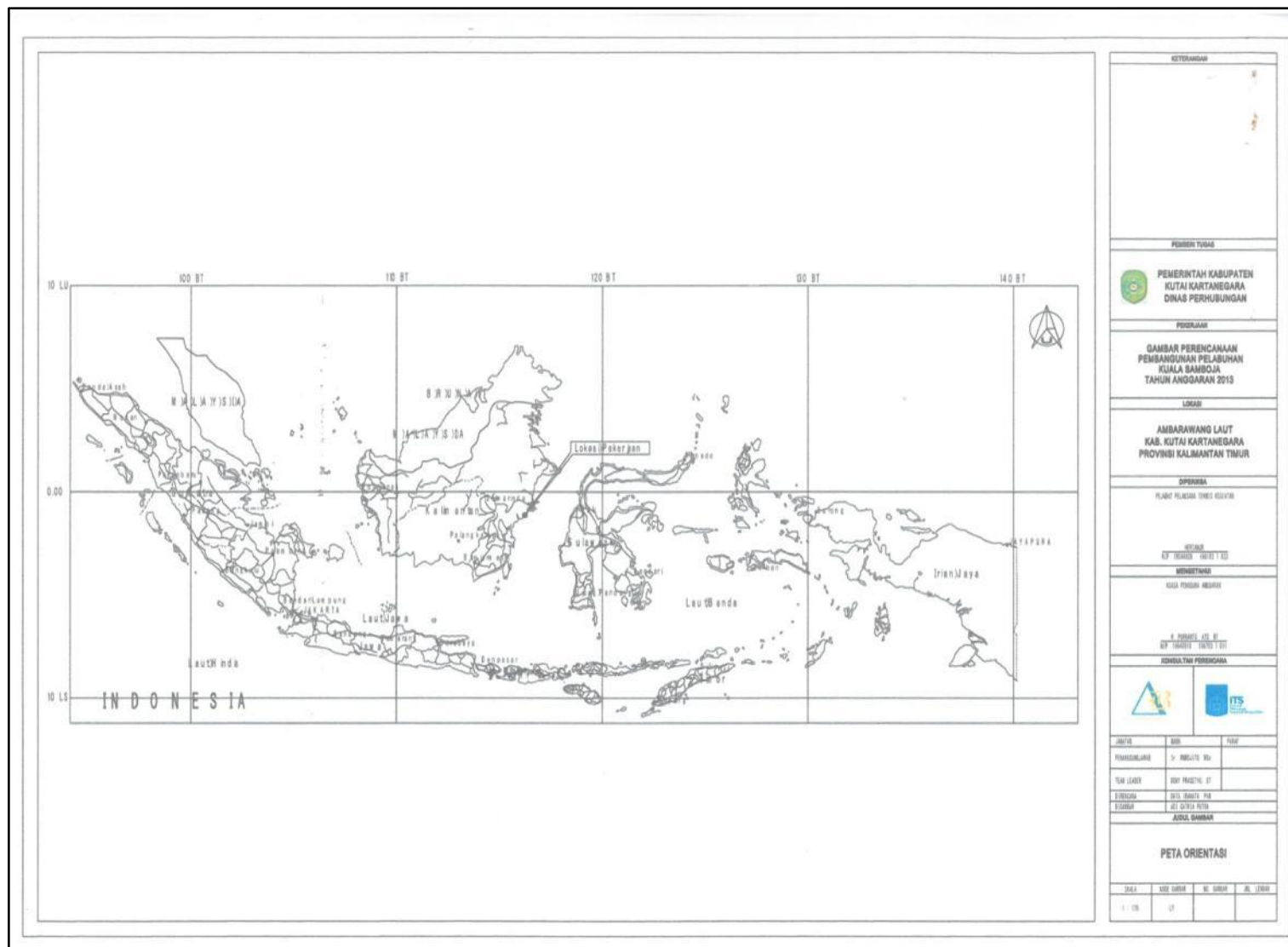
LOCATION : PELABUHAN SAMBOJA DRILLING TYPE MACHINE : LONG YEAR -24 DATE COMMENCED : 30 Juni 2009
METHOD OF SAMPLING : Rotary Drilling CORE DIAMETER (mm) : 73 DATE COMPLETED : 3 Juli 2009
ELEVATION (m) : - WEIGHT OF HAMMER (Kg) : 63.5 SOIL/MATERIAL ENG. : Agus Setyanto, ST
TOTAL DEPTH (m) : 40.00 CASSING DIAMETER (mm) : 89 DRILLING MASTER : Junaedi
CASSING DEPTH (m) : 40.00

SHEET 1 OF 1

DEPTH (m)	THICKNESS (m)	G.W.L (m)	BORE PROFILE	CORE DESCRIPTION	UDS / DS	SPT TEST No.	SPT & N VALUE				REMARKS
							1	2	3	N	
0.0							15	15	15	30	
1.0											
2.0											
3.0	5.50			Lanau Lempungan, Abu-abu Tua Kehitaman, Lunak, Plastisitas tinggi.	3.00	SPT - 1	1	1	2	3	
4.0					3.50	SPT - 2	1	1	2	3	
5.0											
6.0					7.00	SPT - 3	1	1	2	3	
7.0					7.50	SPT - 4	1	2	2	4	
8.0											
9.0		9.50									
10.0						SPT - 5	1	2	3	5	
11.0				Lempung Lanauan, Abu-abu Tua, Lunak - Sedang, Plastisitas Tinggi.	11.00						
12.0					11.50	SPT - 6	1	2	3	5	
13.0											
14.0	11.50					SPT - 7	1	3	4	7	
15.0					15.00						
16.0					15.50	SPT - 8	2	3	4	7	
17.0	3.50			Lempung pasiran, Abu-abu Tua, Lunak - Sedang, Plastisitas Sedang.							
18.0					19.00	SPT - 9	2	4	5	9	
19.0											
20.0					19.50	SPT - 10	2	4	6	10	
21.0											
22.0	8.50			Lempung, Abu-abu Muda, Sedang - Kaku, Plastisitas Tinggi.	23.00	SPT - 11	2	5	6	11	
23.0					23.50	SPT - 12	3	4	5	9	
24.0											
25.0						SPT - 13	3	4	6	10	
26.0					27.00						
27.0					27.50	SPT - 14	2	5	7	12	
28.0				Lempung Pasiran, Abu-abu Muda Keputihan, Kaku, Plastisitas Tinggi.							
29.0											
30.0						SPT - 15	4	6	8	14	

REMARKS :

Data Tanah



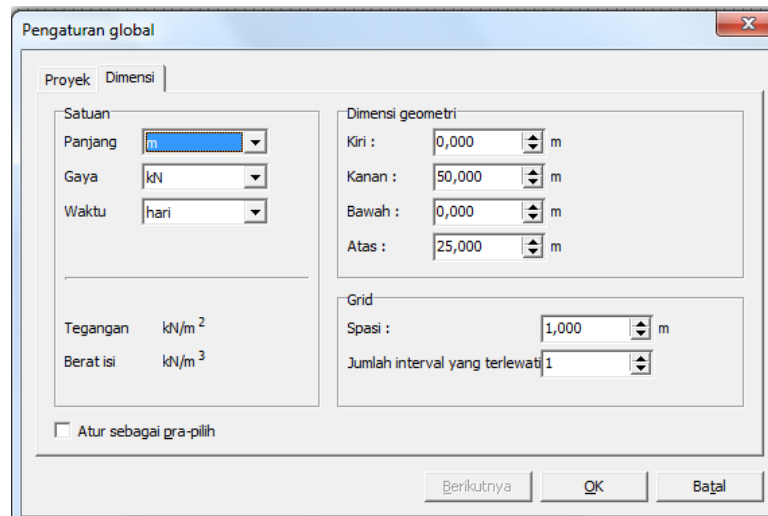
Peta Orientasi

LAMPIRAN C

TAHAP PEMODELAN

Tahapan permodelan :

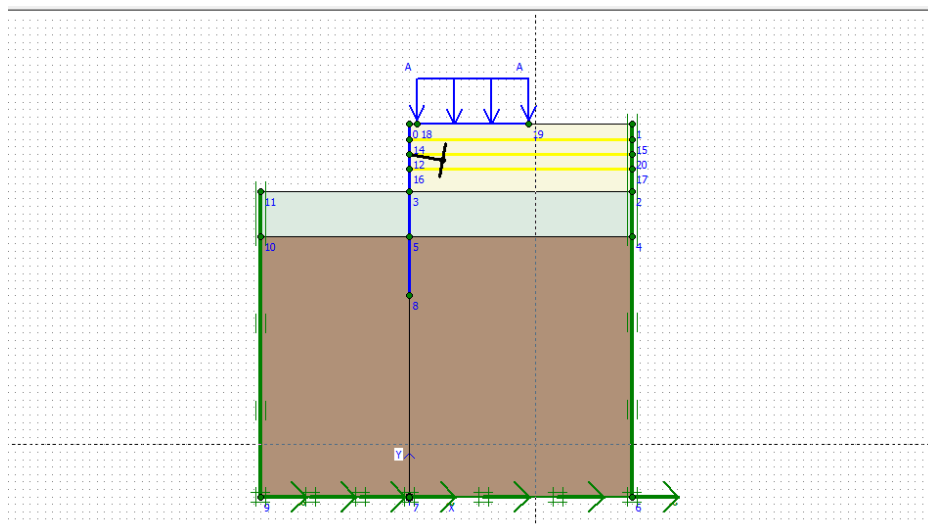
- Buka program Plaxis. Setelah program berhasil dibuka, akan muncul pengaturan awal Plaxis, berikut adalah gambarnya :



Gambar 1. Pengaturan Awal

Pada bagian sebelah kiri menunjukkan satuan yang akan digunakan, dalam kasus ini menggunakan m (meter) untuk satuan panjang, kN (kilonewton) untuk satuan gaya, dan hari untuk satuan waktu. Pada bagian sebelah kanan menunjukkan dimensi dari area gambar dimana akan dibuat model sheet pile.

- Langkah pertama yang dilakukan adalah memodelkan lapisan tanah. Setelah model lapisan tanah selesai dibuat, selanjutnya akan dimodelkan sheet pile yang digunakan. Kemudian dimodelkan pula geogrid, anchor, beban di atas timbunan, dan beban gempanya. Setelah semua selesai dimodelkan maka model akan tampak seperti gambar di bawah ini :



Gambar 2. Model Sheet Pile

- Langkah selanjutnya adalah memasukkan properti lapisan tanah dengan menggunakan menu “kumpulan data material”. Kemudian pilih “baru” untuk memasukkan data lapisan tanah yang digunakan, lalu masukkan nama material, massa jenis, kekakuan, kekuatan.

Gambar 3. Input data tanah

Karena jumlah lapisan tanah pada model ada 3 jenis (clay, sand 1, sand 2), maka langkah di atas perlu diulangi lagi sebanyak 2 kali. Setelah selesai, maka akan muncul tampilan seperti gambar di bawah ini :

Gambar 4. Jenis tanah pada model

- Langkah selanjutnya adalah memasukkan properti sheet pile dengan menggunakan menu “kumpulan data material”. Kemudian pada pilihan “jenis kumpulan data”, pilih “pelat”, kemudian pilih “baru” untuk memasukkan data sheet pile yang digunakan, lalu masukkan nama material, kekakuan, berat, dan plastisitas.

Sifat pelat

Kumpulan material
 Identifikasi:
 Jenis material:

Komentar

Sifat-sifat
 EA : kN/m
 EI : kNm²/m
 d : m
 w : kN/m/m
 v :
 M_p : kNm/m
 N_p : kN/m
 α Rayleigh :
 β Rayleigh :

OK Batalkan

Gambar 5. Input data sheet pile

- Langkah selanjutnya adalah memasukkan properti geotextile dengan menggunakan menu “kumpulan data material”. Kemudian pada pilihan “jenis kumpulan data”, pilih “geogrid”, kemudian pilih “baru” untuk memasukkan spesifikasi geogrid yang digunakan, lalu masukkan nama material dan kekakuan.

Sifat-sifat geogrid

Kumpulan material
 Identifikasi:
 Jenis material:

Komentar

Sifat-sifat
 EA : kN/m
 N_p : kN/m
 Perluasan saja!

OK Batalkan

Gambar 6. Input data Geotextile

- Langkah selanjutnya adalah memasukkan properti jangkar dengan menggunakan menu “kumpulan data material”. Kemudian pada pilihan “jenis kumpulan data”, pilih “jangkar”, kemudian pilih “baru” untuk memasukkan spesifikasi jangkar yang digunakan, lalu masukkan nama material, kekakuan, dan panjang jangkar.

Sifat-sifat jangkar

Kumpulan material
 Identifikasi:
 Jenis material:

Komentar

Sifat-sifat
 EA : kN
 L_{spasi} : m
 F_{maks, tarik} : kN
 F_{maks, tekan} : kN
 Nilai per jangkar!

OK Batalkan

Gambar 7. Input data jangkar.

- Langkah selanjutnya adalah memasukkan asumsi perpindahan akibat beban gempa dengan menggunakan menu “beban”, pilih “batas penyerap standar (dinamis)”, kemudian masukkan nilai pergeseran yang terjadi.

Perpindahan tertentu (dinamis)

Arah bebas

☐ Arah-X

☒ Arah-Y

Titik geometri 6

Nilai-X : 0,500 m

Nilai-Y : 0,000 m

Titik geometri 7

Nilai-X : 0,500 m

Nilai-Y : 0,000 m

Tegak lurus

OK

Batal

Gambar 8. Input pergeseran tanah akibat gempa

- Setelah langkah-langkah di atas selesai dilakukan, maka model siap dirunning.

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG

Parameter Gelombang :

Tinggi gelombang (H_o)	0,4865 m
Periode gelombang (T)	5,8 s
Arah datang gelombang (α_o)	45 derajat
Kedalaman (d_s)	2 m

a. Perhitungan koefisien shoaling

$$L_o = 1,56 \times T^2 = 52,4784 \text{ m} \quad n_1 = 0,9023$$

$$C_o = L_o/T = 9,048 \text{ m/s}$$

$$d/L_o = 0,038111$$

Dari buku Teknik Pantai, diperoleh $d/L = 0,07259$

$$L = 2, \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}} = 27,552$$

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}} = 0,527736 \quad m = \text{kemiringan (batimetri)}$$

$$y_o = \text{massa jenis air}$$

$$y_r = \text{massa jenis tanah}$$

b. Perhitungan koefisien refraksi (Kr)

$$C = L/T = 4,750346 \text{ m/s}$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{\cos \alpha}}{\sqrt{\cos \alpha^o}} = 0,446738$$

$$Kr = 26,1 = 0,462791$$

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh nilai tinggi gelombang ekuivalen (H_o')

$$H_o' = K_s \times Kr \times H_o$$

$$= 0,118819 \text{ m}$$

c. Perhitungan tinggi gelombang pecah dengan SPM

$$H_o' = 0,118819 \text{ m}$$

$$H_o'/gT^2 = 0,00036 \text{ (dimasukkan pada grafik)}$$

didapatkan

$$H_b/H_o' = 2,04$$

$$H_b = 0,24239 \text{ m}$$

d. Kedalaman air dan tinggi gelombang

$$d' = H_b/2 = 0,121195 \text{ m} \quad \text{kN/m}^3 \text{ to } \text{ton/m}^3 = 0,10197$$

$$T = 5,8 \text{ s}$$

$$m = 0,03$$

$$d = 2,121195 \text{ m} \quad h = 0,15 \text{ m} \quad dc = 0,842$$

$$Y_{\text{air}} = 1,03 \text{ ton/m}^3 \quad B = 1 \text{ m}$$

$$Y_{\text{tanah}} = 1,5632 \text{ ton/m}^3 \quad H_s = 0,4635 \text{ m}$$

$$L_o = 52,4784 \text{ m}$$

$$ds/L_o = 0,038111$$

$$H_{\text{max}} = 0,8343 \text{ m}$$

$$d_{bw} = 2,19072 \text{ m}$$

e. Tekanan Gelombang

Dengan menggunakan grafik L-1 dan interpolasi, untuk nilai $d_s/L_o = 0,3811$, diperoleh nilai berikut

$d/L =$	0,08132	$\sinh(4\pi d/L) =$	1,1445
$4\pi d/L =$	0,98587	$\cosh(2\pi d/L) =$	1,1534

> Koefisien tekanan gelombang

$$\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \times \left\{ \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)} \right\}^2$$

$$\alpha_1 = 0,971003$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \frac{d_{bw} - h}{3d_{bw}} \left(\frac{H_{\max}}{h} \right)^2; \frac{2d}{H_{\max}} \right\}$$

$$\alpha_2 = 9,605882$$

$$\alpha_2 = 5,084969$$

$$\alpha_2(\min) = 5,084969$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{d'}{d} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi d / L)} \right\}$$

$$\cos 15 = 0,9659$$

$$\cos^2 15 = 0,932963$$

$$\alpha_3 = 0,125399$$

> Tekanan Gelombang

- Tekanan maksimum yang terjadi pada elevasi muka air rencana (p_1) :

$$p_1 = \frac{1}{2} \times (1 + \cos \beta) \times (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \times \gamma_o \times H_{\max}$$

$$p_1 = 4,961671 \text{ t/m}^3$$

- Tekanan yang terjadi pada tanah dasar (p_2) :

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh(2\pi d / L)}$$

$$p_2 = 4,301778 \text{ t/m}^3$$

- Tekanan yang terjadi pada dasar dinding vertikal (p_3) :

$$p_3 = \alpha_3 \times p_1$$

$$p_3 = 0,62219 \text{ t/m}^3$$

- Tekanan keatas pada dasar dinding vertikal (P_u) :

$$P_u = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot \gamma_o \cdot H_{\max}$$

$$P_u = 0,102851 \text{ t/m}^3$$

> Gaya Gelombang dan Momen

- Menghitung elevasi maksimum distribusi tekanan gelombang terhadap muka air :

$$\eta^* = 0,75 (1 + \cos \beta) \cdot H_{\max}$$

$$\eta^* = 0,604388 \text{ m}$$

- Menghitung jarak antara elevasi muka air rencana dan puncak bangunan :

$$d_c^* = \min \{ \eta^*, d_c \}$$

$$d_c^* = 0,604388 \text{ m}$$

jika $d_c \geq \eta^*$ maka $p_4 = 0$

>>Gaya gelombang dan Momen Gelombang

$$R_m = \frac{1}{2} (p_1 + p_3) \cdot d' + \frac{1}{2} (p_1 + p_4) \cdot d_c^*$$

$$R_m = 2,060728 \text{ t} \quad 20,2 \text{ kN/m}$$

$$M_m = \frac{1}{6} (2p_1 + p_2) \cdot d'^2 + \frac{1}{2} (p_1 + p_4) \cdot d' \cdot d_c^* + \frac{1}{6} (p_1 + 2p_4) d_c^{*2}$$

$$M_m = 0,518612 \text{ Tm}$$

LAMPIRAN E

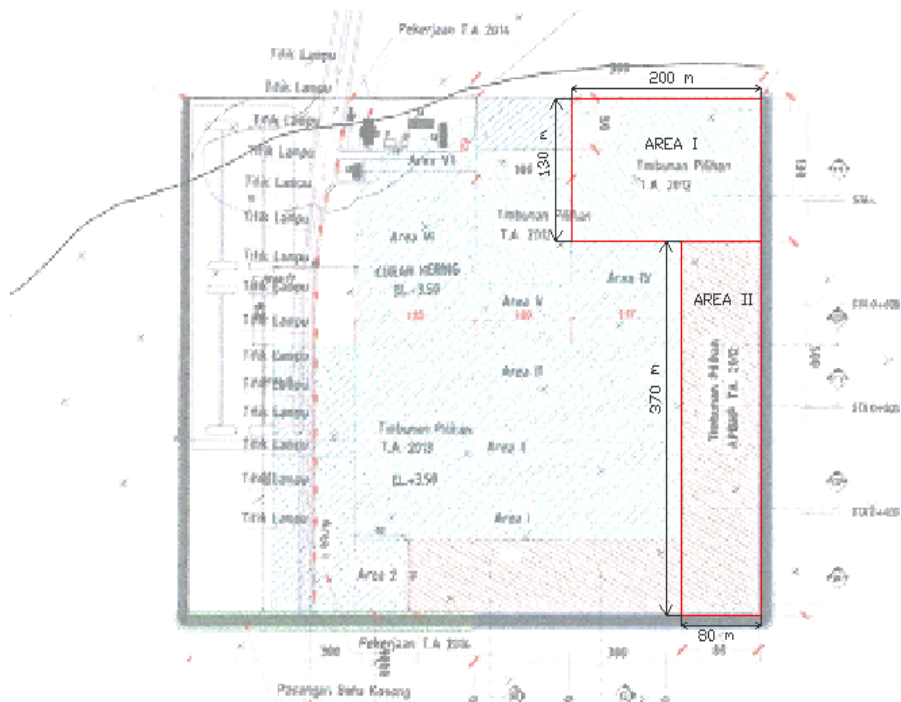
PERHITUNGAN BEBAN BATUBARA

Massa jenis batubara

$$= 1,507 \text{ ton/m}^3$$

Volume (m³) x Massa jenis (ton/m³) = Berat (ton)

DENAH RENCANA COAL STOCK PILE



Pada Area I direncanakan akan dibuat Coal Stockpile seluas 200 m x 130 m dengan tinggi maksimal Coal Stockpile setinggi 5 m. Jadi Volume Maksimal batubara (Asumsi tumpukan batubara berbentuk limas) pada Area I adalah :

$$V = 43333,33 \text{ m}^3$$

dengan berat maksimal sebesar :

$$\text{Berat} = 65303,33 \text{ ton}$$

Jadi, berat batubara per m² yang didapatkan = 2,511667 ton/m²

Pada Area II direncanakan akan dibuat Coal Stockpile seluas 370 m x 80 m dengan tinggi maksimal Coal Stockpile setinggi 5 m. Jadi Volume Maksimal batubara (Asumsi tumpukan batubara berbentuk limas) pada Area II adalah :

$$V = 49333,33 \text{ m}^3$$

dengan berat maksimal sebesar :

Berat = 74345,33 ton

Jadi, berat batubara per m^2 yang didapatkan = 2,859 ton/m^2

Diambil beban yang lebih kecil yaitu Area I

BIODATA PENULIS



Lahir di Jombang, 18 Juni 1997 dengan nama Aryoseto Ade Lukmanto, penulis merupakan anak tunggal dari Denny Safiudin dan Laksmi Mahasri. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SDN Jombatan V pada tahun 2009, SMP Negeri 1 Jombang pada tahun 2011, dan SMA Negeri 3 pada tahun 2013. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Strata 1 (S1) Departemen Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Surabaya melalui jalur SNMPTN tertulis dengan alasan karena tertarik pada bidang perancangan dan analisis struktur bangunan. Pada masa perkuliahan, penulis pernah berpartisipasi dalam beberapa kepanitiaan seperti Kejurnaskot Shorinji Kempo Surabaya 2014. Penulis berkesempatan untuk melaksanakan Kerja Praktek di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, Trenggalek selama 2 bulan (25 Juni 2016 – 25 Agustus 2016) di mana penulis mendapatkan pengalaman pada bidang survei pasang surut air laut serta mengetahui berbagai kegiatan di pelabuhan dan Kerja Magang di PT. Jawa Pos Koran selama 2 bulan (November 2017 – Desember 2017) di mana penulis mendapatkan banyak pengalaman kerja di lingkungan yang berbeda dengan bidang yang dipelajari. Penulis juga menguasai beberapa *software* terkait dengan bidang teknik kelautan seperti SACS, PLAXIS, dan AUTOCAD. Ketertarikan penulis terhadap perencanaan dan desain struktur pantai adalah alasan mengapa penulis memilih topik tugas akhir ini.